CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS

COMPENDIO DE PLANIFICACION PARA COMITENTES, ARQUITECTOS E INGENIEROS



SOCIEDAD ALEMANA DE INGENIERIA SISMICA
Y DINAMICA ESTRUCTURAL (DGEB)

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERDBEBEN-INGENIEURWESEN
UND BAUDYNAMIK (DGEB) e.V.

BERLIN - REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA

1991

EDITOR: Prof. Dr.-Ing. Günter Klein
Deutsche Gesellschaft für Erdbeben-Ingenieurwesen
und Baudynamik (DGEB) e.V.
c/o BAM, Unter den Eichen 87
Berlin 45 - ALEMANIA

TRADUCTOR: Ing. Civil Pedro P. Oelsner
Profesor Ord. de Resistencia de Materiales
Universidad Tecnológica Nacional
Universidad Nacional de Cuyo
Mendoza - ARGENTINA

INDICE

PREFACIO

El área circumpacífica es el territorio de más alto riesgo sísmico de nuestro planeta. Esto vale en especial para los países del Centro y Sudamérica, en los cuales repetidamente aparecen los sismos de mayor intensidad, que en no raras ocasiones tienen consecuencias catastróficas sobre las construcciones.

Una buena previsión sísmica para evitar colapsos se obtiene mediante las construcciones antisísmicas. En el diseño, en la ejecución y mantenimiento de construcciones se puede acceder a las exigencias sísmicas de tal manera que se pueda mejorar la protección de vidas humanas y reducir significativamente los daños materiales.

La planificación de edificios públicos y privados y construcciones sismo-sensibles, en la actualidad es objeto de considerable atención. Sin embargo en las construcciones corrientes para edificios de vivienda y para objetivos semejantes, aún es necesario lograr mejoras sustanciales. En general existen los reglamentos suficientes, pero faltan casi siempre las adecuadas ejemplificaciones de las precauciones constructivas que es menester ejecutar.

En la República Federal de Alemania, uno de los organismos estatales competentes ha publicado un compendio que explicita las bases para la correcta construcción antisísmica, destinado a comitentes, propietarios, arquitectos, ingenieros y empresarios, dando las directivas necesarias para un correcto planeamiento y construcción de edificios. Se describen posibilidades de mejoramiento al comportamiento sísmico de edificios existentes. La calidad arquitectónica de estos edificios no es disminuida, y los costos adicionales no pesan demasiado en la relación de gasto total y ganancia en seguridad estructural.

Este compendio ha sido transcrito con respecto a la situación en America Latina. Con este se quiere colaborar en llenar un vacío en la descripción para tomar medidas constructivas antisísmicas, especialmente para la albañileria, para la construcción de viviendas y casas comerciales pequeñas. Lo que no se tuvo en cuenta en este

compendio son construcciones simples y construcciones de barro, que puedan ser construidas por uno mismo. De todas formas, este compendio contiene muchos consejos muy útiles y proposiciones de tipo general, que le setán de utilidad.

Por supuesto, una absoluta seguridad sísmica no es posible de lograr es necesario aceptar la existencia de daños menores. Pero, on seguridad, se mejoran las condiciones de protección de vidas humanas si se tienen en cuenta las medidas que aquí se describen.

Corresponde un especial agradecimiento al Ministerio del Interior del Estado de Baden-Württemberg de la República Federal de Alemania que concedió la autorización para su divulgación en el extranjero, a los muchos colaboradores en la República Federal de Alemania y Latinoamérica, que han emprendido la adecuación y traducción de este compendio y también al Comité Alemán del "International Decade for Natural Desaster Reduction" (IDNDR) que ha financiado este proyecto.

Deseamos y esperamos que esta contribución Alemana al IDNDR sea de utilidad y ayude a que, en las regiones sísmicas Latinoamericanas el riesgo sísmico disminuya sensiblemente para seres humanos y construcciones.

Sociedad Alemana de
Ingenieria Sismica y Dinámica
Estructural (DGEB) e.V.

Deutsche Gesellschaft für
Erdbeben-Ingenieurwesen und
Baudynamik (DGEB) e.V.

1. - INTRODUCCION

Cuando ocurrió el terremoto en la región de la Schwäbische Alb. en el año 1978, vistos los severos daños producidos en techos y chimeneas, era lógico pensar que habría grandes pérdidas de vidas. Ello no sucedió, solamente gracias al hecho de que el sismo se produjo un domingo a las 6 hs. de la mañana. A menudo nos vemos confrontados con informes provenientes de todo el mundo, en los que se mencionan miles de muertos o personas que han quedado sin hogar. En lo que va del siglo, los terremotos han cobrado cerca de un millón de personas en pérdidas de vidas humanas, y provocado pérdidas materiales por muchos millones de DM.

Los sismos se distinguen de otros catástrofes de la naturaleza por el hecho de que no son directamente las fuerzas telúricas - como por ejemplo una inundación o la erupción de un volcán - las que originan pérdidas de vidas humanas, sino que son sus consecuencias el derrumbe de edificios, las que provocan muertes.

¿Pueden evitarse las consecuencias catastróficas de los sismos?
¿Es posible la construcción antisísmica?

Estas preguntas pueden contestarse afirmativamente. En las últimas décadas se investigaron exhaustivamente las acciones sísmicas sobre construcciones y el mecanismo de su comportamiento bajo sus efectos. Los conocimientos técnicos obtenidos se han volcado en Normas y Directivas para construcciones en zonas sísmicas, que en la actualidad están vigentes en casi todos los países con riesgo sísmico y con cuya utilización se desea lograr construcciones sismo-resistentes.

En regiones de alto riesgo sísmico como Japón y California, mediante medidas antisísmicas se pretende lograr que, durante el sismo de mayor intensidad, se evite el derrumbe de edificios y así se logre proteger vidas humanas y, durante el sismo de mediana intensidad, se logre mantener reducidos los daños.

En paises de bajo riesgo sísmico solo se exige seguridad contra derrumbes en el sismo de mayor intensidad. Pero, en medida creciente se exige también evitar daños frente a sismos menores.

Una construcción antisísmica es apenas más cara que aquella que, con el mismo destino, ha sido edificada en zona no sísmica. Los costos adicionales dependen mucho del diseño y de la ejecución del edificio. Es por ello indispensable que el Arquitecto, ya en la etapa de planificación, tenga en cuenta los requerimientos constructivos para una construcción sismo-resistente. Generalmente es posible proyectar de tal manera que los costos adicionales por sismo-resistencia sean insignificantes.

Por tanto, esta publicación no solamente se dirige al Ingeniero Civil responsable de la estructura, sino sobre todo al Arquitecto y al Comitente. A ellos deben darse los elementos de planificación en zonas sísmicas que les permitan desarrollar en diseño adecuado teniendo en cuenta las debidas medidas de seguridad.

En los párrafos 2 a 4 se trata del origen y de la intensidad de los sismos, los daños materiales y algunos aspectos legales involucrados. Los párrafos 5, 6 y 7 explican reglas generales para una correcta ejecución sismoresistente, para ser usadas por arquitectos e ingenieros. Los párrafos 8 y 9 presentan otros ejemplos auxiliares para los detalles constructivos y proporcionan ejemplos de un diseño acertado.

2. - ORIGEN E INTENSIDAD DE LOS SISMOS

2.1. - Fenómenos geofísicos en el interior de la Tierra

Los sismos son movimientos del suelo que se producen por procesos geológicos que se desarrollan en la corteza terrestre. En el foco del terremoto (hipocentro) se produce una fractura de cizallamiento. Ella se extiende a consecuencia de tensiones tectónicas a lo largo de un plano de falla que en general, ya es preexistente.

La Fig. 2.1a muestra tres fases de este tipo de fractura a lo largo de un plano de falla vertical. La formación de tensiones iniciada en la primera fase, ha originado en la segunda - milenios o siglos más tarde - deformaciones importantes en los bloques terrestres vecinos. Si un desplazamiento uniforme a lo largo de este plano es impedido por dentado y por rozamiento, una vez que la deformación llegue a valores demasiado grandes, se produce un rebote brusco de los bloques. Esta es la forma de originarse un sismo.

Dado que las fuerzas tectónicas actúan a través de largos períodos geológicos, después de esta descarga de tensiones pueden generarse nuevos procesos deformativos que, a su vez, originarán nuevos terremotos. Especialmente peligrosos para las edifidaciones son los desplazamientos causados por fallas inversas cuyos plenos son pocos inclinados (Fig. 2.1b a la derecha). En general los desplazamientos relativamente pequeños (menos de 50 cm) que se producen en las profundidades de la corteza, a veces a varios kilómetros, a menudo son absorbidos por las capas superiores y no provocan roturas en la superficie terrestre.

La Fig. 2.2a muestra un corte típico a través de una región focal de un sismo con un plano de falla inclinado y por encima depósitos de capas sedimentarias.

El foco de orígen de un terremoto se denomina hipocentro y el punto vertical sobre la superficie terrestre, epicentro.

Las sacudidas originadas en el hipocentro se propagan como ondas a través de la Tierra, y también a lo largo de la superficie terrestre.

La Fig. 2.2b presenta en forma esquematica la zona de percepción sísmica, las lineas mostradas -isosistas- unen los puntos de igual intensidad sísmica (ver párr. 2.2).

Un foco sísmico puede encontrarse a diferentes profundidades. Su posición es de gran importancia para los efectos de un terremoto. Si una superficie de fractura se encuentra solamente a pocos kilómetros de una zona poblada, entonces en esa región estrechamente delimitada, se pueden producir importantes daños. En un sismo de la misma intensidad pero cuyo foco se encuentra a mayor profundidad, la zona afectada es mas extensa, pero en un sitio determinado los daños son menores.

Latinoamérica es el escenario de grandes sismos de consecuencias graves. Determinante para esta región es la diversidad de los movimientos sismotectónicos, como así también la repercusiones sísmicas.

2.2. - Escalas sísmicas

En primera instancia, los sismos solo se clasifican por sus efectos sobre el ser humano, sobre las construcciones y por las intromisiones en la naturaleza.

Se habla de una escala macrosísmica que describe estos efectos expresándolos en grados llamados "Intensidades".

Recién en los años treinta apareció la necesidad de clasificar los sísmos según los procesos físicos que ocurren en el foco (transformación de energía liberada, area del plano focal, desplazamiento en el plano focal y momento sísmico = area del plano focal * desplazamiento * módulo de cizallamiento). De estos parametros se deduce lo que se define como magnitud (M).

Magnitudes:

La magnitud hoy utilizada como "magnitud de momento" según Hanks y Kanamori se caracteriza por el momento sísmico antes referido. Para el máximo sismo de este siglo, ocurrido durante el terremoto de Chile de 1960, se obtiene una magnitud de momento M = 9,5 (longitud focal: 1000 Km). La magnitud del sismo más pequeño aún tectonicamente activo se registra aproximadamente en M = 4 (longitud focal: aprox. 1 Km).

Para sucesos menores hoy aún se usa la "magnitud de onda superficial" (M_L = M_S) y "la magnitud sísmica local" (MWA = M_L). Son las antiguas escalas de magnitudes tal como las introdujeron Gutenberg y Richter; para no son aplicables sismos muy grandes. La magnitud determina junto a la profundidad del foco, la extensión de la región sacudida y la duración de los movimientos más fuertes.

Intensidades macrosísmicas:

Para la clasificación de los efectos sísmicos, salvo excepciones, se usan en la actualidad escalas duodecimales basadas en estudios efectuados por Mercalli, Cancani y Sieberg. Adaptaciones de estas escalas a particularidades constructivas del siglo XX se conocen bajo el nombre de "Escala de Mercalli Modificada" (M.M.Scale, originaria de los Estados Unidos de Norteamérica), y "Escala de Medwedjew - Sponheur - Karnik" (Escala MSK), desarrollada en Europa.

2.3. - Riesgo sísmico en Latinoamérica

La mayor parte de la costa Latinoamericana del Pacífico pertenece al cinturón de subducción (Fig. 2.3). En el Sur de Chile se produjo en 1960 el mayor sismo registrado hasta el presente (ver Tabla 1). En el Golfo de California, es decir en la parte más norteña del territorio delimitado, predominan fosas tectónicas (valles longitudinales intermontanos) - fallas - mientras que desplazamientos horizontales significativos originan vínculos tectónicos entre zonas sísmicas del Caribe y Pacífico. Sismos de foco profundo originan movimientos de alcance territorial y aún continental. A distancia los efectos

sísmicos pueden originar destrucciones selectivas por la acción de filtro que ejercen las capas sedimentarias de baja impedancia (velocidad de ondas de corte x densidad), tal como se observaron en México en 1985 en el Distrito Federal y aún antes en el terremoto de Caracas en 1967, Venezuela.

Fig. 2.1: Fases del proceso de rotura

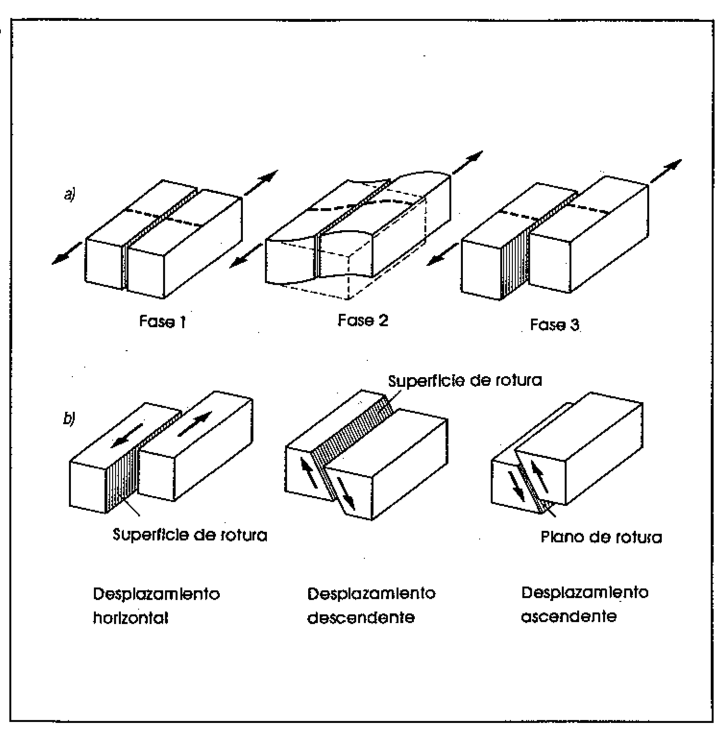
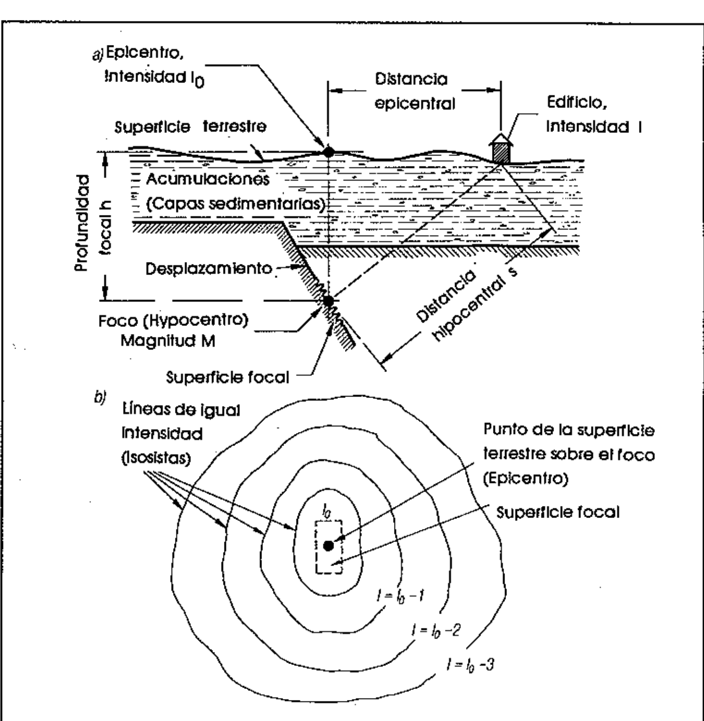


Fig. 2.2: Propagación de las ondas sísmicas

a) Corte a través de la superficie focal

b) Carte de las isosistas



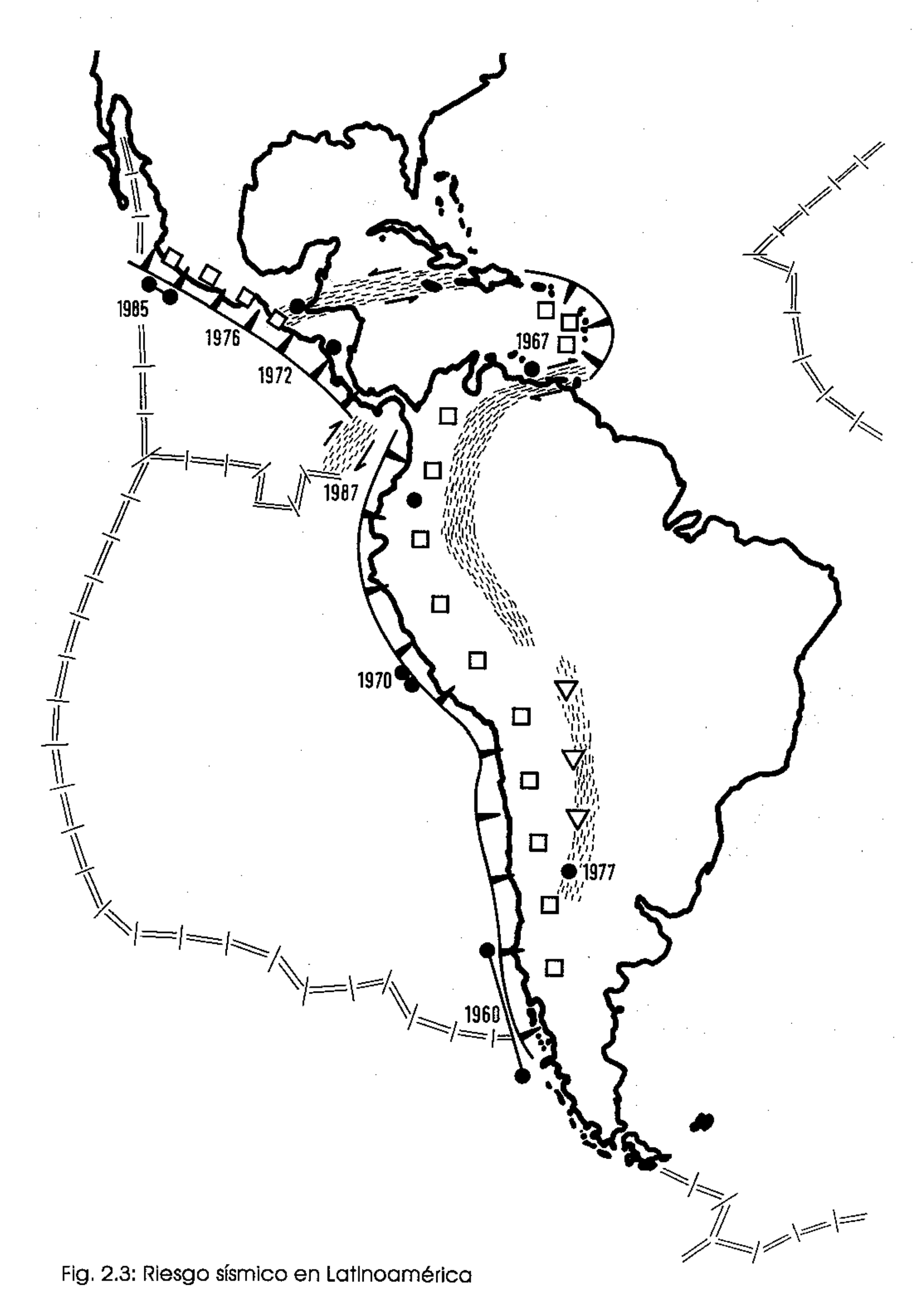


Fig. 2.3: Riesgo sísmico en Latinoamérica

Fig. 2.3: Leyenda

Subducción

México-America Central
America del Sur
Caribe Oriental

Fosas tectónicas (fallas)
(Valles longitudinales intermontanos)

Golfo de California
Pacífico Oriental
Atlántico Central



Desplazamiento horizontal

a) Estructura vinculante
Caribe - Guatemala
Panamá

b) Asentamiento plano
sobre zona de subdución.
Managua
San Juan (Argentinia)

● Selección de sismos superficiales segun Tabla 1

□ Profundidad sísmica media: ho = 70 ... 300 km

▽ Sismos profundos: ho > 300 km

Tabla 1: Selección de sismos superficiales importantes en Latinoamérica.

M = Magnitud, ML = Magnitud de onda superficial

Chile 1960	Mayo 22	M = 9,5 Subducción	Extensa destrucción del Sur de Chile (p.e.Valdivia) Efectos de tsunami en extensas áreas del Pacífico
México 1985	Sept.19	M = 8,1 Subducción	Junto a daños en el área focal (Michoacán),destrucción selectiva de edificios en altura construidos sobre capas de arcilla marina en la Ciudad de México(DF)
Perú 1970	Mayo 31	M = 7,9 Subducción	Fuertes daños personales sobre todo por desprendimiento de un alud de barro en Huascarán.
Guatemala 1976	Febr. 4	M = 7,6 Subducción	En la parte oriental del país fuertes daños en vidas y bienes, dentro de la zona focal que abarcó desde el Caribe al Pacífico.
Venezuela 1967	Julio 29	ML = 6,3 Desplazamientos horizontales.	Concentración de daños sobre sedimentos jóvenes no consolidados en Carabellada y Caracas.
Nicaragua 1972	Dic. 23	M = 6,0 Desplazamientos horizontales.	Destrucción de Managua por sismos e incendios posteriores.
Argentina 1977	Nov. 23	ML = 7,4 Deformación ascendente ?	Importantes daños en la Provincia de San Juan. (ciudad de Caucete);licuefacción de suelos hasta una distancia de 200 km.
Ecuador 1987	Marzo 6	M = 6,4 Deformación ascendente.	Extensos daños en personas y casas;fuertes movimientos de masas.

3. - DAÑOS SISMICOS EN CONSTRUCCIONES

3.1. - Efecto de los sismos sobre edificaciones

Si un observador se traslada en un móvil con velocidad uniforme en linea recta, no percibe ni el camino recorrido ni la velocidad del móvil. Solo se perciben variaciones de la velocidad, es decir aceleraciones, frenadas y cambios de dirección. En todos estos casos se percibe el efecto de la aceleración como una fuerza que se opone - a consecuencia de la inercia - a la variación del movimiento.

Semejante es el efecto de un sismo sobre construcciones. Las vibraciones originadas por los bruscos desplazamientos del subsuelo en el epicentro del sismo, se transmiten como ondas terrestres, es decir como vibraciones de las partículas del suelo, en parte a través del subsuelo, en parte a lo largo de la superficie terrestre.

Si esas ondas encuentran la fundación de un edificio, entonces el mismo también es acelerado. Aquí se originan fuerzas - las llamadas fuerzas sísmicas - que se oponen al movimiento.Su magnitud se obtiene de la masa del edificio y de la aceleración.

Las fuerzas sísmicas dependen tanto de la aceleración del terreno como también del comportamiento oscilatorio de la construcción:

- Construcciones muy rígidas, compactas (por ejemplo edificios bien arriostrados y de pocos pisos) que oscilen muy rapidamente y se deformen muy poco, prácticamente no son inducidos a vibraciones de período propio. Acompañan los movimientos del suelo como cuerpo rígido no deformable. Su carga sísmica se origina unicamente en la aceleración del suelo.

- Construcciones "blandas", esbeltas (torres, mástiles, edificios en altura o poco arriostrados) vibran con períodos lentos pero se deforman acentuadamente. De cierta manera, mediante su deformación pueden sustraerse al movimiento del suelo, de manera que sus vibraciones se retrasan con respecto a las del suelo.

Esto provoca una disminución de la carga sísmica comparada a la del edificio rígido indeformado.

- Edificios de mediana rigidez pueden ser inducidos sismicamente a vibraciones de período propio.Su vibración se suma a la originada por el sismo. La carga sísmica resultante de esa suma puede, en su caso ascender a varias veces la carga actuante sobre el edificio rígido indeformado.

En el párrafo 6 se muestra cuando es más favorable construir un edificio "blando" o "rígido" y como se puede modificar el comportamiento vibratorio de edificios mediante el adecuado diseño constructivo.

Las cargas sísmicas son influenciadas considerablemente por el comportamiento del subsuelo. Se ha demostrado que las vibraciones en suelos sueltos tienen efectos más destructivos que en suelos compactos.

Las ondas sísmicas originan una aceleración horizontal y una vertical del suelo.

La aceleración vertical es, en general, menor que la mitad de la horizontal. Dado que los edificios se construyen de manera que puedan resistir bien sus cargas verticales (peso propio y sobrecargas), en general están en buenas condiciones para resistir los movimientos sísmicos verticales.

En peligro se encuentran edificios que han sido diseñados solo a resistir cargas verticales. La seguridad sísmica tiene por lo tanto el objetivo de diseñar los edificios para tambien resistir cargas horizontales de cualquier dirección.

3.2. - Daños sísmicos típicos

Los sismos descubren vicios ocultos y fallas en la construcción de los edificios.

A continuación se describen fallas y daños típicos que se originan por solicitaciones sísmicas. La descripción se circunscribe a daños en construcciones de mampostería.

Fisuras diagonales - Daños en muros:

La Fig. 3.1 muestra fisuras típicas en los muros de una construcción de mampostería después de un sismo.

La carga sísmica es resistida preponderantemente por los muros de dirección paralela a la del sismo. Para ello son solicitados en su plano como placas. Si esas solicitaciones exceden en tramos determinados la resistencia del mismo, se forman fisuras diagonales que, en la Fig. 3.1 se denominan "fisuras de corte".

Dado que en el desarrollo de un sismo el movimiento del suelo cambia de dirección también se varía la dirección de la fisura. Así se originan las fisuras típicas en cruz.

Si existen tramos de muros entre ventanas relativamente anchos, no aparecen las fisuras diagonales en el plano de la mampostería como en Fig. 3.1 en los pilares de los encuentros de muros, sino que se producen en los antepechos de ventanas que son comparativamente menos resistentes. La Fig. 3.2 muestra este tipo de fisuras. También pueden aparecer en algunos casos fisuras horizontales en los encuentros de muros, como lo muestra la Fig. 3.2 en el extremo inferior izquierdo.

Como muestra la misma figura, las fisuras en mampostería se producen preferentemente a partir de las esquinas de las aberturas, ya que allí aparecen concentraciones de tensiones.

Fisuras por flexión de placas:

Si el sismo se produce normalmente al plano del muro, éste es solicitado como losa. Las fisuras así originadas se designan como "Fisuras por flexión en placas" (Fig. 3.1). Los daños de este tipo se producen a menudo cuando las distancias entre muros de

arriostramiento son demasiado grandes, o las losas de techo no son suficientemente rígidas en su plano.

Desprendimiento de muros:

Cuando la vinculación entre muros (encuentro de muros) es insuficiente, pueden producirse desprendimientos de los muros solicitados normalmente a su plano.

Este tipo de daño es mostrado por Fig. 3.1 Especialmente peligrosa es esta solicitación cuando un muro no está vinculado por su borde superior a una losa, ni tiene otro tipo de vinculación normal a su plano. Muchos derrumbes de frontispicios y forjados de ladrillos muestran la importancia de un correcto arriostramiento en dirección normal a su plano. Dado que en general un sismo actúa sobre un edificio según dos direcciones predominantes, a menudo se originan daños a raíz de solicitaciones combinadas sobre un mismo muro como consecuencia de solicitaciones como placa y como losa.

Influencia de la torsión de un edificio sobre el total de daños:

Los sismos actúan aplicados en los centros de masa de los pisos aislados. Como fuerzas horizontales, originan desplazamientos también horizontales del edificio, que se manifiestan por una traslación y una rotación.

Cuando el punto de aplicación de la fuerza horizontal coincide con el llamado centro de torsión ó rigidez, se originan solo traslaciones y no rotaciones. Por lo tanto se pueden distinguir los siguientes casos:

- Si un edificio tiene planta simétrica y arriostrada por muros también dispuestos simétricamente, hay coincidencia entre los centros de masa y rigidez. La carga sísmica origina solamente un desplazamiento paralelo (Fig. 3.3a).

- Si una construcción tiene planta asimétrica y arriostrada por muros exteriores, ya no hay coincidencia entre los centros de



Fig 3.1: Fisuras sísmicas típicas en construcciones de mampostería

Fisuras de corte

Fisura de ascentamiento

Fisuras por flexión de placas

Dereccíón del movimiento del suelo

Fig. 3.2: Fisuras típicas en muros exteriores con columnas anchas

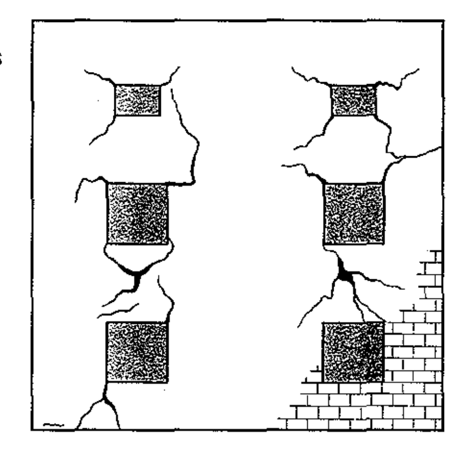


Fig. 3.3: Efecto de torsión

a) Construcción simétrica sin efecto de torsión

b) Efecto de torsión en planta asimétrica

c) Efecto de torsión con arriostramiento asimétrica

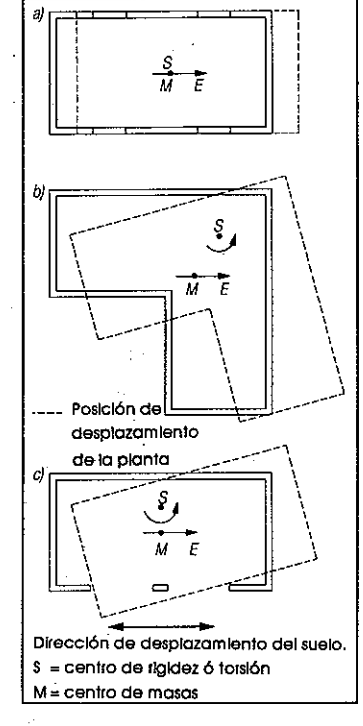
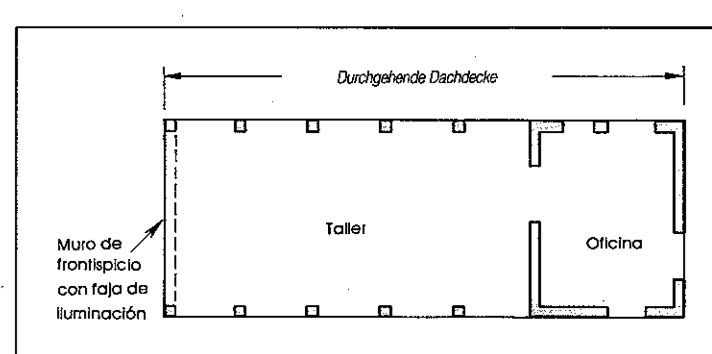
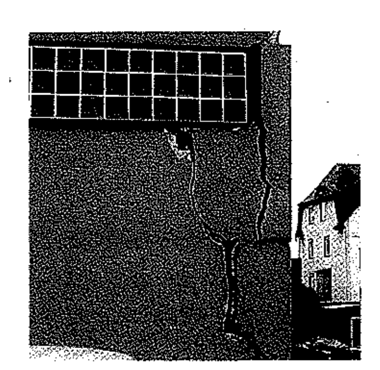


Fig 3.4: Efecto de torsión en una construcción asimétrica

a) Planta



b) Daños sísmicos en un muro del frontispicio



4. - PREVISIONES SISMICAS

4.1. - Seguridad de Edificios

Desde los graves daños del año 1906 (Norte de California) y 1943 (Kwanto),existe una tendencia mundial a tener en cuenta las fuerzas sísmicas sobre edificos nuevos. Las primeras disposiciones de carácter obligatorio se publicaron en California después del sismo de Long Beach de 1933. Después de esto, muchos países, entre ellos algunos latinoamericanos, disponen igualmente de códigos para construcciones sismoresistentes. En general los códigos norteamericanos son tomados como guía. Un mapa sísmico muestra la distribución geográfica de los riesgos sísmicos sobre la base de observaciones acumuladas hasta el presente (por ejemplo: Argentina, Costa Rica, Colombia, Perú, Nicaragua, Venezuela, México y Chile). Los diferentes riesgos sísmicos son valorados por coeficientes sísmicos zonales que interpretan las sobrecargas verticales y horizontales originadas por ondas sísmicas. Estos coeficientes, en general, están referidos al peso del edificio. El coeficiente sísmico zonal es modificado por factores que tienen en cuenta, la condición geológica del subsuelo (por ejemplo el llamado "coeficiente de influencia del terreno" en Mendoza, Argentina, NdT), coeficiente de destino en caso de colapso (por ejemplo Argentina y Costa Rica) etc.

Para cálculos dinámicos se proporcionan procedimientos para la determinación del período propio de vibración del edificio y del espectro de respuesta sísmica (por ejemplo Argentina, Costa Rica, Nicaragua, Venezuela).

El problema de las construcciones ya existentes es considerado en el Reglamento Méxicano. Aquí se trata de una cuestión básica que internacionalmente está aún en sus comienzos. Las adecuadas medidas de saneamiento sísmico en construcciones antiguas deben basarse en una exhaustiva investigación previa del riesgo, de las condiciones del subsuelo y de las características del edificio, para así llegar a soluciones económicamente posibles y de suficiente seguridad.

4.2. - Instrucción de la población

En todas las regiones sometidas a sismos, las medidas técnicas de protección deben complementarse por programas de divulgación pedagógica. Ellos consisten, en general, en la descripción mediante un lenguaje comprensible, del fenómeno sísmico y de sus efectos abarcando todos los niveles de enseñanza: primario, secundario y terciario - universitario. Especial atención requiere el conocimiento de las medidas de acción a utilizar en caso de colapso. Estas consisten en prevenciones técnicas dentro y fuera del edificio: en lo sustancial se trata de fijar y apuntalar partes constructivas y objetos, para así prevenir su colapso o caída. Es importante la identificación y exacto conocimiento de los interruptores de suministro de energía (electricidad, gas, agua corriente). Se debe tener preparado un equipo de emergencia perfectamente ordenado que deberá constar de, además de la documentación personal, alimentación básica, una linterna en condiciones y una radio a pilas.

Las reglas de comportamiento general en caso de ocurrencia y después de un sismo deben ser conocidas en cada domicilio.

4.3. - Protección sísmica mediante seguros

Si bien las prevenciones mencionadas en los párrafos anteriores en primer término apuntan a evitar daños personales, debe contemplarse igualmente el daño económico. Como consecuencia de un sismo pueden producirse crisis sociales que resulten ingobernables. Seguros y reaseguros distribuyen el riesgo de una pérdida económica sobre muchos participantes de un seguro, abaratando sus costos. Los aseguradores disponen de datos que permiten una identificación local del riesgo de terremoto en forma de mapas tarifarios; recogen informaciones para poder apreciar los costes que causarán futuras catástrofes sísmicas de grandes proporciones. Las medidas técnicas del seguro, como la participación propia en el siniestro, son apropiadas para fomentar la sensibilización general respecto a posibles riesgos y a propiciar el interés propio en la adopción de medidas para la prevención y aminoración de siniestros.

5. - PLANEAMIENTO SISMORESISTENTE

5.1. - Resumen

La opinión de que la seguridad sísmica de un edificio compete solamente al ingeniero civil responsble de la verificación estática, es falsa.Un diseño sísmico desfavora-ble a menudo es solo en parte subsanable mediante un laborioso cálculo estructural.

En el proyecto, comitente y arquitecto toman razón de la influencia fundamental en el comportamiento sísmico de un edificio y deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Por la selección de la forma y dimensiones del edificio, toman importantes decisiones sobre su solicitación sísmica.

- Mediante la elección de su estructura portante -columnas, muros y vigas - fijan en que forma serán absorbidas las cargas.

- La selección de la estructura no portante toma importancia sobre el comportamiento sísmico de una construcción.

- La colaboración no deseada de partes no portantes puede alterar sustancialmente el comportamiento resistente del sistema.

Por lo tanto la seguridad sísmica es tarea común al arquitecto e ingeniero. En esta labor conjunta, la seguridad sísmica comienza con los primeros croquis del arquitecto y termina con el cálculo del ingeniero civil.

Un singular desafío para todos los participantes de una construcción es concebir el edificio de tal manera que, a pesar de todas las prevenciones sísmicas que en él se introduzcan, cumpla todos los requerimientos hechos y su costo financiero sea apenas superior al de una edificación comparable ejecutada en zona no sísmica.

En los párrafos 5.2 a 5.8 se enumeran los problemas a que es confrontado el arquitecto cuando realiza un correcto planeamiento

sísmico. Croquis esquemáticos deben mostrar ejemplos de dimensionamientos "favorables" y "desfavorables". Otras indicaciones sobre planeamiento, también referidos a reforma de edificios ya existentes, se consignan en párrafo 9.

La utilización de los términos "favorable" y "desfavorable" desea expresar que estas indicaciones no deben ser interpretadas como reglas rígidas. Más bien persiguen el objetivo de proporcionar al planificador argumentos para determinada toma de decisiones. Así puede considerarse aceptable adoptar una solución desfavorable desde el punto de vista sísmico, si por otras razones atendibles es ventajosa. Estos efectos desfavorables deberán, entonces, ser subsanados por disposiciones constructivas adicionales. Hasta donde ésto es posible y razonable, depende tanto de la intensidad de los sismos esperados (o sea de la zona sísmica) como también de la capacidad resistente del edificio.

5.2. - Diseño de la planta

Las construcciones en zonas sísmicas deben tener, en lo posible, un diseño sencillo y compacto. (Fig. 5.1). En construcciones de plantas extendidas, como por ejemplo en L, T, H, Y, ó +, la diferente deformabilidad de las partes aisladas del edificio en dirección longitudinal o transversal, lleva a menudo a rotura de las aristas entrantes (esquinas) de la planta. Edificaciones con ángulos entrantes y muy obtusos en su planta y de trazado muy irregular,deberán tener juntas de construcción en todo su desarrollo en altura, buscando la formación de cuerpos compactos. Otra posibilidad es reforzar adecuadamente los ángulos entrantes. A ese objeto como prolongación de los muros exteriores se construyen muros interiores o vigas reforzadas (planta en L de Fig. 5.1). También es favorable incluir elementos rigidizadores adicionales en los bordes del edificio, tomando otras medidas constructivas adicionales tendientes a lograr una excentricidad balanceada en toda la masa del edificio.

Si las juntas solo tienen por misión asegurar la vibración independiente de los cuerpos constructivos así separados, (caso de

plantas libres ó de grandes diferencias en altura, ver párrafo 5.5), no es necesario vincular entre sí las fundaciones. Si las juntas deben separar edificios de fundaciones diferentes (Ver párrafo 5.7), entonces su ejecución debe ser tal que incluyan las mismas.

5.3. - Distribución de masas y rigideces en planta

Para evitar vibraciones torsionales mayores, las masas y rigideces deberán estar distribuidas sobre la planta de tal forma que el centro de masa M y el centro de rigidez o torsión S se encuentren lo más cerca posible. Esta proximidad se obtiene por regla general, en base a una adecuada configuración de la forma del edificio, distribución de masas, rigideces y fundaciones, buscando la mayor simetría posible (Fig. 5.2). Para mantener bajas las vibraciones torsionales, la rigidez a torsión debe ser alta. Para ello se colocarán los elementos de arriostramiento sobre el perímetro de la edificación. (Fig.5.2 y 9.1).

5.4. - Arriostramientos

Arriostramientos mediante núcleos y muros:

El arriostramiento de edificios en altura (sobre todo edificados en esqueleto), puede realizarse por medio de núcleos rígidos, en los que se concentren escaleras, ascensores y tuberías de cables (Fig. 5.2).

Un núcleo excéntrico lleva a altas solicitaciones de torsión sobre todo el edificio. Un solo núcleo, ubicado centralmente se evidencia unicamente favorable en plantas compactas. Plantas alargadas no pueden ser arriostradas convenientemente con un solo núcleo. Deberán utilizarse tabiques de arriostramiento adicionales.

En los núcleos ubicados exteriormente a la planta del edificio, se transmiten altas solicitaciones a lo largo de uno de los paramentos del núcleo.Por lo tanto se deben dimensionar cuidadosamente a arrancamiento (desprendimiento) de la estructura.

Arriostramiento mediante muros:

Los muros de arriostramiento deben ser ejecutados según las dos direcciones principales de la planta en cantidad suficiente (Fig. 5.2). Para evitar su abollamiento, las distancias entre los muros transversales de arriostramiento no deben ser considerables (comparar párrafo 8.2). En especial riesgo se encuentran edificios insuficientemente arriostrados según una de las direcciones principales, como ocurre utilizando sistemas por casetonado (comparar Fig. 5.2 y párrafo 9.8).

Construcciones solo arriostradas por tres muros perimetrales, por ejemplo salones de negocio, talleres o garages, deben llevar arriostramientos adicionales mediante tabiques o pórticos rígidos (ver Fig. 5.2, párrafo 9.6).

5.5. - Diseño de edificios en altura

En edificios muy altos y esbeltos, el esfuerzo sísmico puede llevar a grandes desplazamientos y altas tensiones en la estructura portante. Por lo tanto se hace necesario diseñar fundaciones de gran sección para evitar el vuelco (levantamiento) del edificio, y limitar las tensiones actuantes en el suelo a valores admisibles (Fig. 5.3).

La relación altura a menor dimensión horizontal de la sección debe ser pequeña. Para edificios prismáticos esta relación no debe exceder de 4 (cuatro).

Partes constructivas en voladizo originan desfavorable distribución de masas (ver párrafo 5.6), en cambio, pisos altos con retiro tienen efecto favorable.

Secciones colindantes con marcadas diferencias de altura pueden acusar altas concentraciones de tensiones, con la consiguiente producción de daños. Es aconsejable optar por formas tipo cajón. Las juntas deben ser lo suficientemente amplias para que eviten el choque entre los cuerpos del edificio.

En la transición entre sectores de diferente altura, deben ejecutarse estructuras resistentes (columnas, tabiques) hasta la cota de fundación (Fig. 5.3).

La vinculación entre diferentes sectores del edificio debe fundarse de tal manera que permita su vibración en forma independiente (Fig. 5.3).

5.6. - Distribución de masa y rigidez en altura

Una rigidez constante o de disminución uniforme hacia arriba,tiene efecto constructivo favorable para el edificio. Variaciones en la rigidez - los llamados pisos "suaves o flexibles o blandos" - configuran zonas débiles en las que se puede concentrar toda la deformación. (Fig. 5.4, 9.11d y 9.11e). Una falla en esos puntos débiles puede llevar a colapso de todo el edificio.

Una disminución uniforme de la rigidez según la altura del edificio se obtiene con muros pasantes y continuos en todos los pisos,siendo las aberturas por piso de las menores dimensiones posibles.

Un "piso flexible" se origina cuando un piso aislado, sobre todo la planta baja, tiene sus elementos resistentes demasiado separados. Aquí harán faltas medidas adicionales de seguridad (ver párrafo 9.6).

Elementos de arriostramiento no completamente desarrollados en altura, originan concentracion localizada de tensiones en los entrepisos.

Cuando en un piso hay columnas de diferente altura, las más cortas soportan una parte relativamente mayor del esfuerzo horizontal (Fig. 5.4). El mismo efecto se produce cuando se limita las deformaciones en columnas mediante rellenos interiores (entre columnas).

Las fuerzas sísmicas son proporcionales a la masa de la edificación.La concentración en altura de grandes masas, tiene efecto desfavorable.

5.7. - Fundación y sótano

- La fundación debe ser diseñada de tal manera que el edificio bajo carga sísmica se desplace en su conjunto, vibrando como un solo sólido.

Por estas razones el edificio debe ser fundado a profundidad uniforme y sus elementos de fundación estar arriostrados a tracción y compresión (Fig. 5.5 y párrafos 6.3, 8.1 y 9.2).

Sótanos con ocupación parcial y con fundaciónes a distinta profundidad deben ser evitados. Si en construcciones importantes es imposible evitar cotas de fundación diferentes, los cimientos repectivos deben separarse mediante juntas o ejecutarse escalonadamente con la adecuada rigidez a flexión.

Los elementos de arriostramiento vertical pueden vincularse entre si en forma adecuada si el sótano del edificio se diseña como "caja rígida".

Para obtener esa caja rígida, la platea de fundación, muros y entrepisos se deben ejecutar en hormigón armado, vinculándolos entre sí y verificándolos a corte.

- Muy desfavorables son fundaciones de edificios ejecutadas a diferentes profundidades, fundaciones sobre diferentes tipos de suelo, fundaciones a media ladera, (riesgo de deslizamientos sísmicos) y fundaciones ejecutadas utilizando diferentes estructuras.

Si no es posible evitar fundaciones diferentes o sobre distintos tipos de suelo, debe sectorizarse el edificio con juntas de asentamiento. Para condiciones poco claras de fundación, deberá realizarse estudios de suelos.

5.8. - Entrepisos

- Los entrepisos tienen la misión de vincular los elementos verticales de arriostramiento obligando a una deformación conjunta bajo la acción de cargas horizontales.

Durante ese proceso, deben transmitir entre arriostra-mientos, fuerzas de diferente intensidad, lo que influencia su dimensionamiento.

Tiene efectos desfavorables todo aquello que modifique la transmisión de cargas mediante los entrepisos, limitando su función como "placa rígida". Si es necesario ejecutar desplazamientos verticales entre losas de entrepiso (Fig. 5.6), puede anularse el efecto de placa. Entonces será necesario tomar disposiciones especiales para lograr la transmisión de cargas a través de la discontinuidad de entrepisos. Sectores importantes de la edificación, con entrepisos verticalmente desplazados, pueden separarse mediante juntas, evitando de esta manera la ocurrencia de daños.

Aberturas mayores en los entrepisos alteran la transmisión de fuerzas. Especialmente desfavorable es su existencia en zonas estructuralmente débiles (Fig.5.6; Fig.9.3a). Los huecos de escaleras son casos típicos de debilitamiento en entrepisos.No debieran cortar muros y disponerse en las esquinas del edificio.

Fig. 5.1: Ejecución de plantas favorables y desfavorables

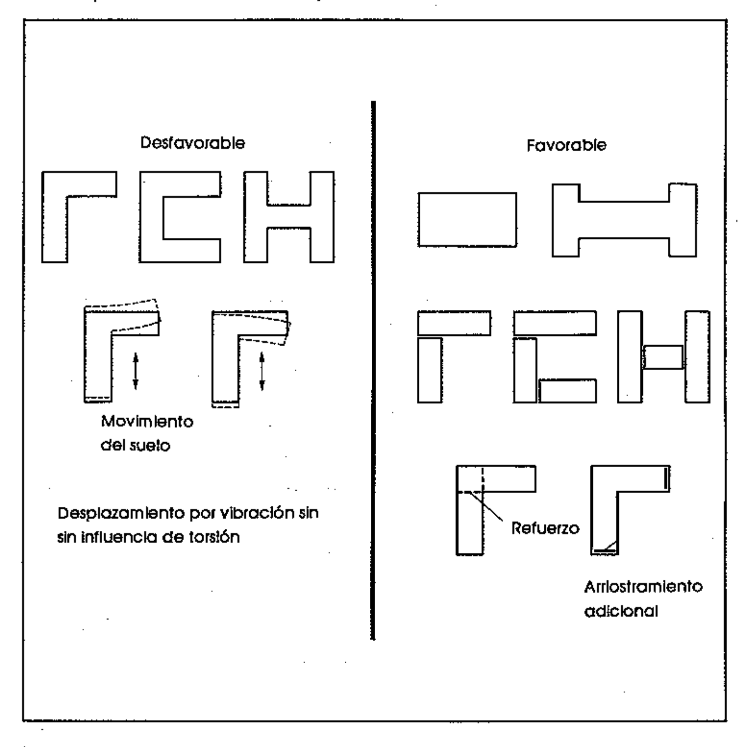


Fig. 5.2: Distribución favorable y desfavorable de masas y rigideces en planta

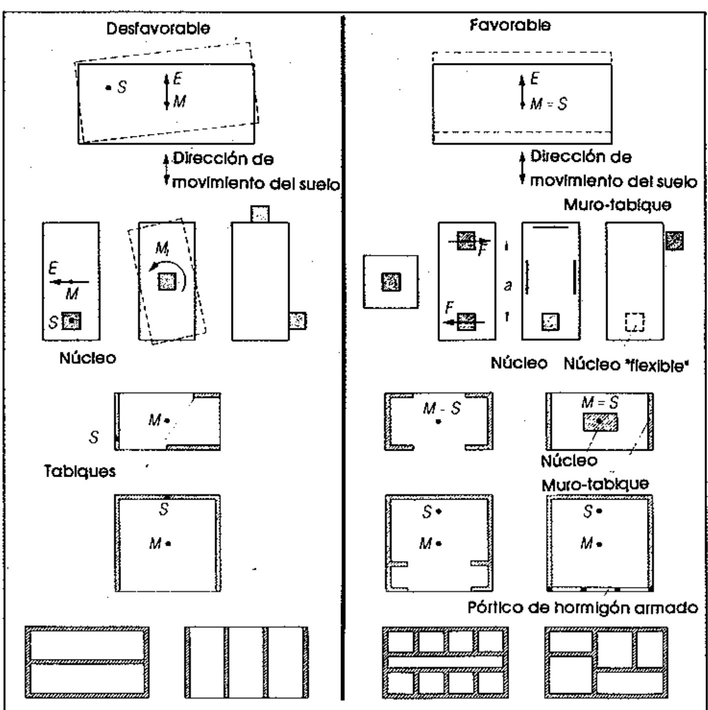


Fig. 5.3: Estructuras en elevación favorables y desfavorables

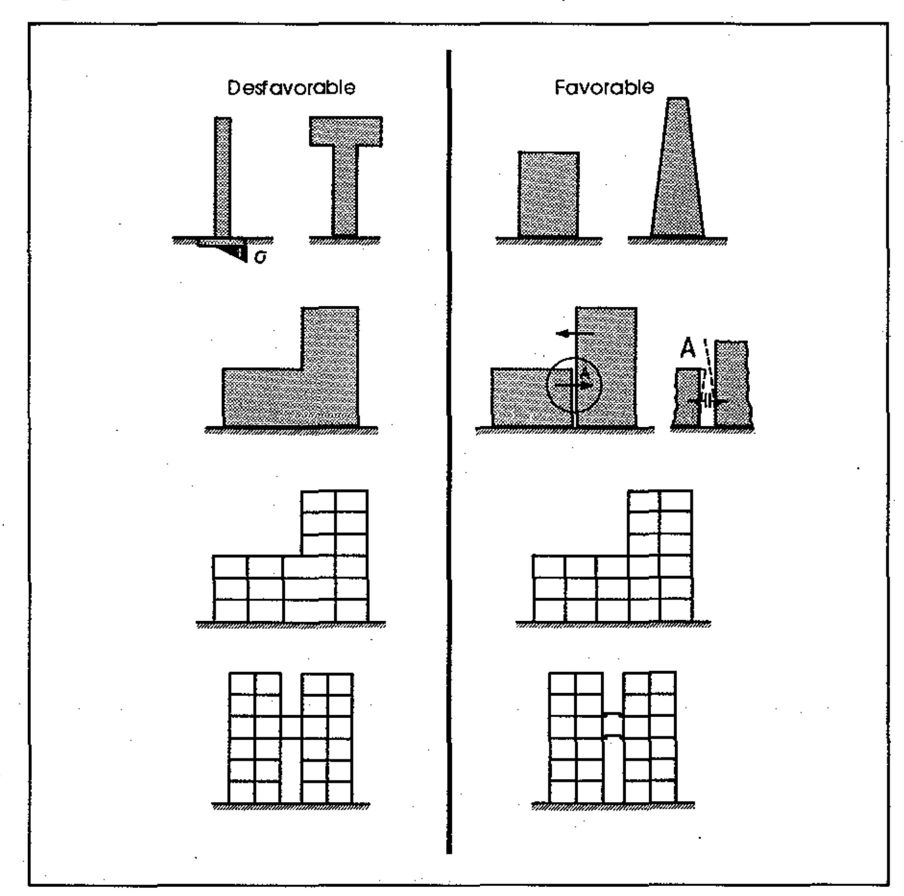


Fig. 5.4: Distribución favorable y desfavorable de masas y rigideces en elevación

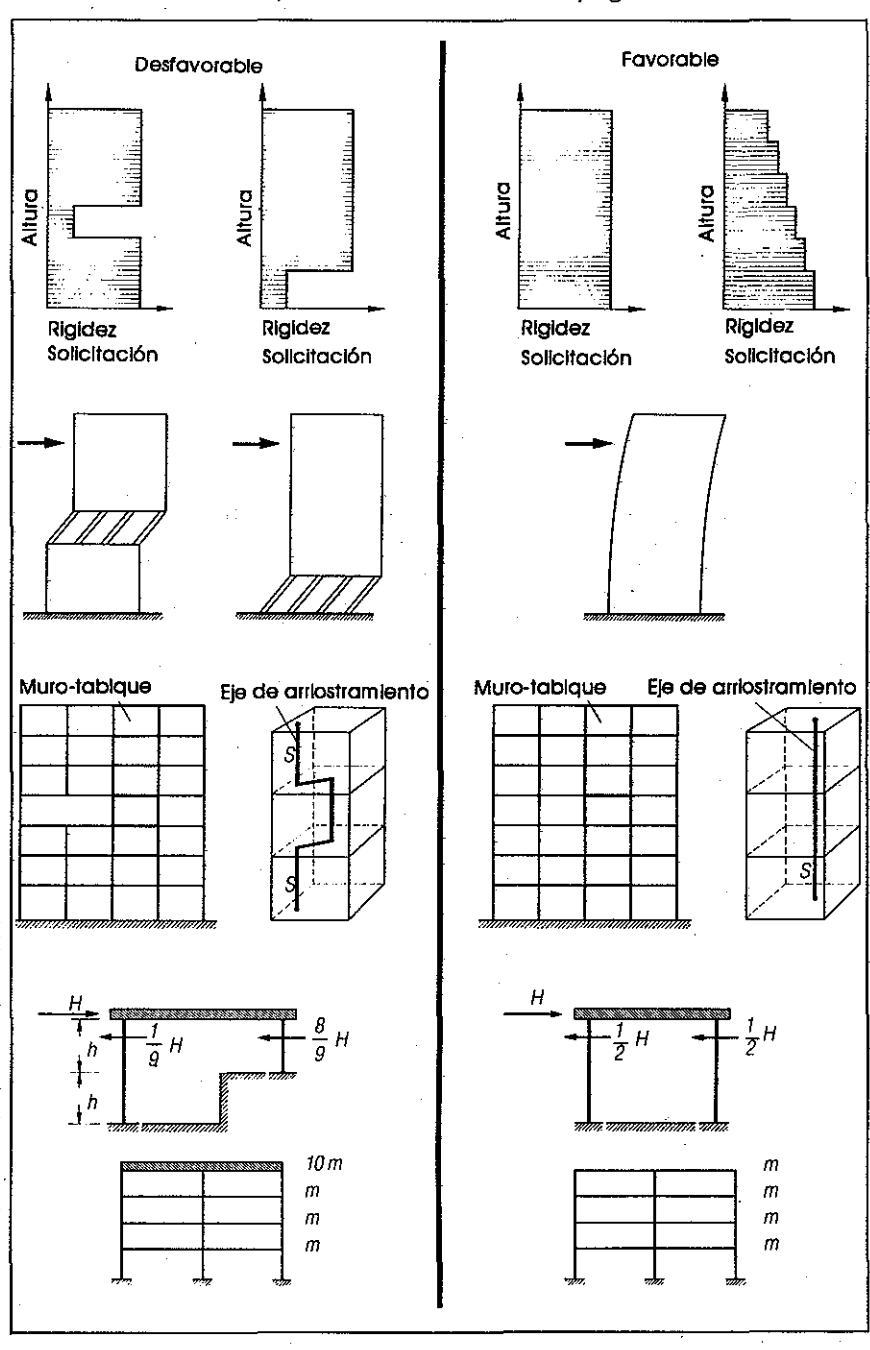


Fig. 5.5: Distribución favorable y desfavorable de fundación y sótano

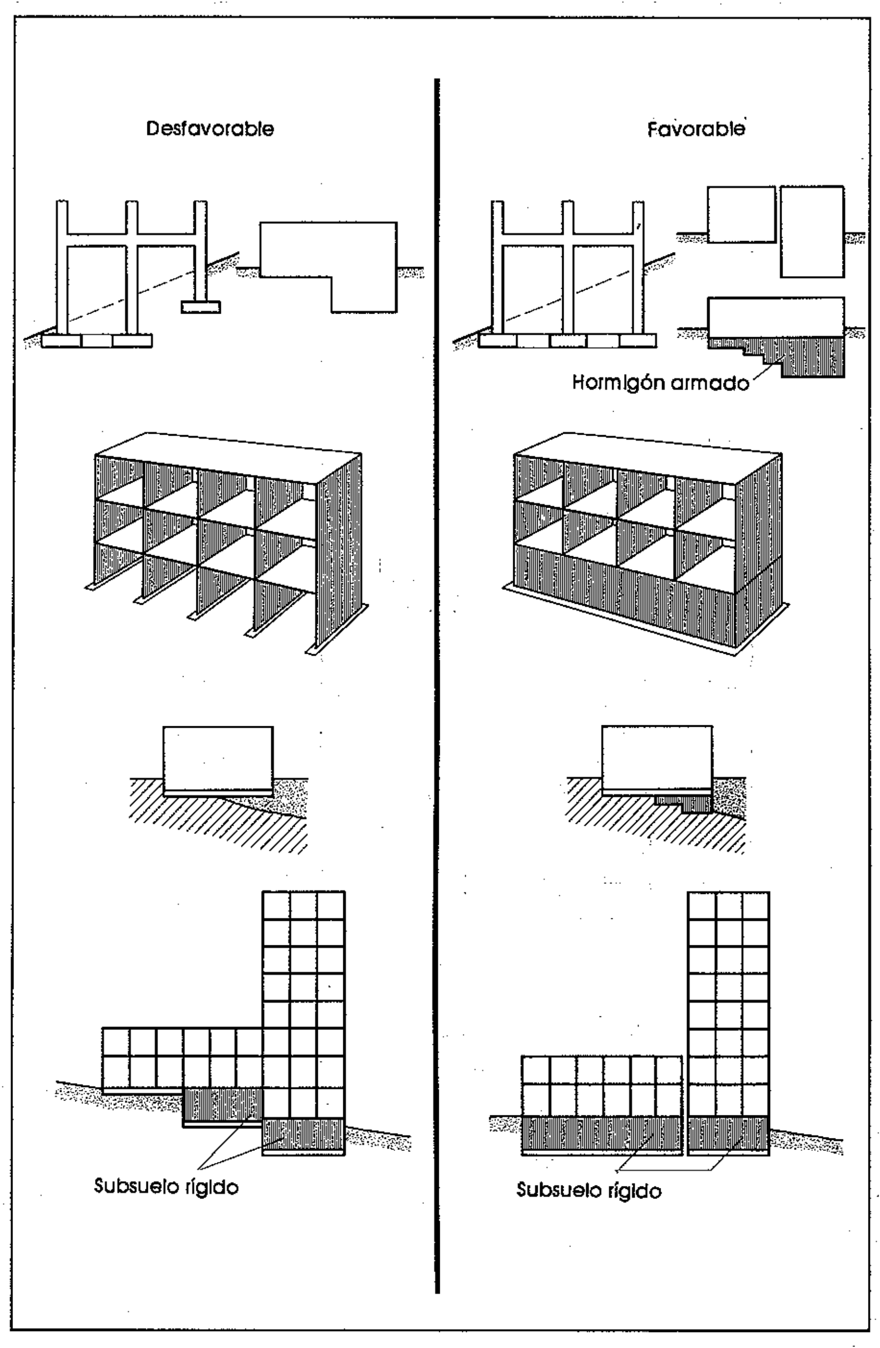
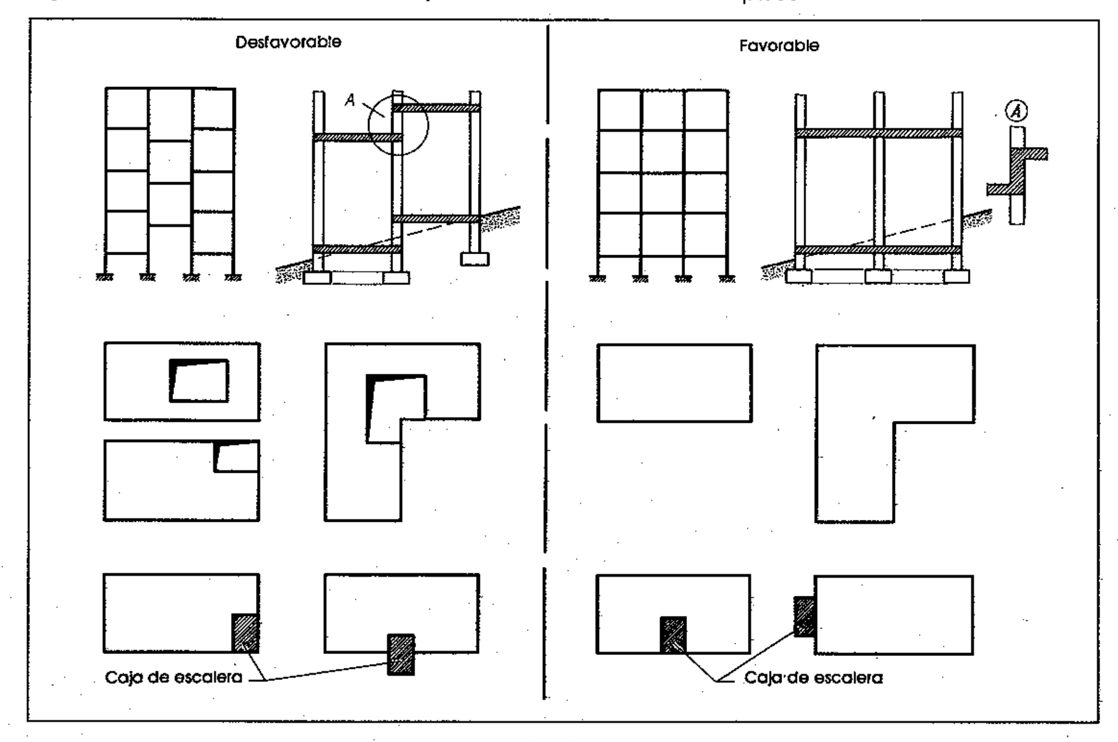


Fig. 5.6: Conformación favorable y desfavorable de los entrepisos



6. - CONSTRUCCIONES ANTISISMICAS

6.1. - Resumen

En el párrafo siguiente se dan nuevas reglas para la construcción antisísmica. El enfoque del tema se realiza desde el punto de vista del ingeniero civil, ya que es quien debe desarrollar la etapa constructiva del proyecto. Los detalles de construcción de edificios de pocos pisos, en especial de mampostería, se resumen en el capítulo 8.

Las construcciones antisísmicas apuntan a un comportamiento vibratorio favorable de la construcción, una correcta absorción de cargas entre cada uno de los sectores constructivos y una adecuada ductilidad del edificio.

6.2. - Formas constructivas y arriostramiento

Como se consigue un buen comportamiento vibratorio?

* Evitando la concentración de tensiones.

Los daños sísmicos ocurren predominantemente en partes constructivas en las que el comportamiento vibratorio del edificio origina concentración de tensiones. Estas aparecen cuando:

- se produce diferente comportamiento a deformación en piezas aisladas del edificio sometido a acciones sísmicas, si en el mismo existen diferencias en su geometría, (altura, ancho, rigidez, distribución de masas, fundaciones, tipo constructivo, etc.).

- se producen solicitaciones adicionales en piezas aisladas, producidas por torsión.

- se producen alteraciones en el sistema estáti co producidas por fallas localizadas.

* Logrando un buen comportamiento vibratorio mediante uniformidad constructiva y ejecución compacta.

Las construcciones desarrolladas regularmente, con plantas compactas y simétricas y masas con distribución uniforme en altura, se comportan favorablemente ya que las diversas partes constructivas se deforman homogéneamente.

La estructura resistente debe ejecutarse en forma simple y clara, para que su comportamiento constructivo, aún bajo la ocurrencia de deformaciones plásticas, (sismos fuertes) sea fácilmente evaluable. Sin embargo es deseable que tenga un alto grado de hiperestaticidad para que, bajo la sobrecarga accidental en parte de la estructura, sea permitida la transferencia de estas sobrecargas y consiguiente distribución de tensiones.

* Logrando un buen comportamiento vibratorio mediante la correcta inserción de juntas de construcción.

Si en construcciones irregulares se insertan juntas sísmicas, se las debe compatibilizar con las juntas de asentamiento y dilatación. Deben mantenerse permanentemente abiertas o rellenadas con un material amortiguante que no pierda elasticidad. Las juntas rellenadas deben tener un ancho 50% mayor que aquellas sin relleno.

Las juntas deben disponerse de tal forma que todo el edificio quede dividido en sectores regulares y bien arriostrados.

<u>Que es más ventajoso. Un edificio "rígido" ó "flexible"?</u>

La rigidez de un edificio influye tanto sobre la frecuencia de sus oscilaciones como sobre la amplitud de vibración bajo carga sísmica. Edificios rígidos y compactos vibran más rapidamente - tienen su período T de vibración más pequeño - que edificios blandos y altos.

Esto es mostrado en Fig. 6.1 con algunos ejemplos.

- Por regla general, son edificios rígidos aquellos en los que las fuerzas horizontales son absorbidas por tabiques.

- Son edificios flexibles (blandos), aquellos en los que las fuerzas horizontales son absorbidas por pórticos.

Por superposición de vibraciones del edificio y suelo, la fuerza sísmica puede ser incrementada o disminuida. El período propio de vibración T es de particular importancia. Una construcción flexible (blanda) recibe menor carga sísmica que una rígida; ésta puede sin embargo generar mayor amplitud de vibración que una mayor carga sísmica aplicada sobre la construcción rígida.

Construcciones flexibles (blandas) por ejemplo un esqueleto solo son más favorables en zonas sísmicas cuando mayores períodos de vibración no produzcan daños en por ejemplo elementos no portantes.

- Para modalidades constructivas sin separación entre elementos portantes y no portantes, las construcciones "rígidas" - por ejemplo tabiques son más convenientes que las construc-ciones aporticadas "flexibles", aunque deban absorber mayor carga sísmica.

Problemas con mampostería de relleno:

Muros de relleno en masa - aunque no sean considerados como elementos de arriostramiento - pueden aumentar considerablemente la rigidez de un elemento portante. Un pórtico se comporta entonces como entramado cuando el tabique asume las funciones de diagonal de compresión (Fig. 6.2).

Estos entramados no distribuidos simétricamente en planta, originan una distribución asimétrica de rigideces, aún en construcciones que sí son simétricas.

Si no se tabica todos los pisos, se puede originar un muy desfavorable "piso blando" (ver párrafo 5.6). También es desfavorable si el tabique deja libres aberturas bajas con columnas cortas.

Los tabiques de relleno mejoran, en general, la amortiguación de edificios afectados por vibraciones sísmicas.

- Bajo estos puntos de vista, se pueden plantear las siguientes conclusiones:
  Los efectos de arriostramiento y amortiguaciónoriginados por tabiques se pueden asegurar de la mejor forma posible mediante uniones rígidas entre tabiques. Colaboración indeseada y no controlada entre tabiques y pórticos se evita mediante juntas de construcción colocadas entre tabique y estructura resistente. El tabicamiento debe ejecutarse acoplando con respecto al plano de relleno.

Las Fig. 6.3a y 6.3b muestras ejemplos de vinculación superior y lateral. Si se suprime totalmente la vinculación superior, deberán preveerse arriostramientos laterales (Fig. 6.3c).

En construcciones aporticadas rellenadas con placas prefabricadas o en masa, deberá preferirse aquellas que se vinculen normalmente al plano de placa y que no impidan la deformación del pórtico en el plano paralelo al tabique. Especialmente aptos son los elementos autoportantes de altura igual al piso, fundados en cimentaciones propias o en consolas y que superiormente estén sostenidos mediante elementos metálicos según lo muestra la Fig.6.3c.

También son aptos elementos transversales de fachada que no estén superpuestos sino suspendidos de los umbrales y separados por juntas intermedias.

6.3. - Transmisión de fuerzas

Las fuerzas sísmicas se producen en cualquier dirección. Por lo tanto deben desarrollarse los vinculos en forma prolija, tambien son

importantes las uniones a tope y conectores entre las diversas piezas constructivas.

Transmisión de fuerzas a cimientos:

La vinculación de un edificio a nivel de fundación se debe ejecutar preferentemente mediante plateas de hormigón armado, que en conjunto con los muros de sótano y losas de entrepiso sobre sótano, formen una caja rígida. Todas las previsiones constructivas adoptadas para otros tipos de fundaciones, deben acercarse lo más posible a la solución ideal recomendada. En fundaciones nervuradas, los nervios longitudinales deben vincularse mediante arriostramientos transversales, y entre bases aisladas deben preveerse vigas de anclaje dimensionadas tanto a tracción como a compresión (Fig. 6.4). Fundaciones profundas (por ejemplo pilotes), deben vincularse entre cabezales por vigas resistentes tanto a compresión como a tracción. La vinculación entre bases aisladas puede materializarse igualmente mediante plateas.

Transmisión de fuerzas en mampostería:

En construcciones de mampostería debe vincularse los muros portantes mediante vigas de arriostramiento dimensionadas igualmente a tracción y compresión. Estos arriostramientos deben ejecutarse en todos los niveles de entrepiso o inmediatamente por debajo del mismo (ver párrafo 8.3).

- En entrepisos de hormigón armado colado en obra, y actuando como placas, por regla general no se necesitarán arriostramientos especiales. Debe evitarse la ejecución de placas a distintos niveles, ya que exigirán precauciones especiales (ver párrafos 5.8 y 9.1).

- Entrepisos de madera solo son aptos como arriostramientos cuando se los construye como placas (por ejemplo como tableros). Deben vincularse mediante anclajes de hormigón armado de tal forma que se logre una adecuada transmisión de fuerzas.

- Losas prefabricadas deben ejecutarse como placas. Para ello se deben vincular entre sí y con los muros de arriostramiento.Es conveniente utilizar los prefabricados con capa de hormigón sobrepuesta, con juntas aserradas y armadas, unidas mediante soldadura eléctrica.

Transmisión de fuerzas mediante la utilización de grandes placas premoldeadas:

En piezas prefabricadas de grandes placas, la vinculación de las partes constructivas se realiza mediante arriostramientos horizontales y verticales (Fig. 6.5a). Para evitar el desplazamiento relativo entre placas a lo largo de una junta vertical (Fig. 6.5b), debe asegurarse estas juntas verticales.

Transmisión de esfuerzos en construcciones de madera:

Debe tenerse en cuenta que barras comprimidas, bajo carga sísmica, pueden ser solicitadas igualmente a tracción. Uniones comprimidas de piezas de madera, como lo son las juntas a espiga o a barbilla, deben también asegurarse a tracción. Otros detalles acerca de la seguridad sísmica de techumbres de madera, se detallan en el párrafo 8.4. En viviendas de madera, ejecutadas mediante tableros, las paredes y entrepisos ó techos deben desarrollarse como placas. Todos los elementos deben vincularse prolijamente y ser anclados en la estructura portante.

6.4. - Ductilidad

Un sismo transmite a una construcción energía a través de las fundaciones. El edificio almacena esa energía mediante vibraciones bajo la forma de energía cinética y potencial, y la disipa mediante amortiguaciones. Si se acumula más energía que la que el edificio puede disipar, se produce el colapso. La edificación debe, por lo tanto, poder distribuir la energía que se le suministró y transformarla en otras formas de energía (es decir, "disiparla").

La energía de disipación se produce por amortiguamiento y deformación plástica.

Una forma de disipación de energía es la amortiguación. Dado que ésta es relativamente baja, en sismos fuertes no es suficiente para disipar rápidamente toda la enérgia suministrada. Es por lo tanto importante activar nuevas formas de disipación de energía. Esto se logra cuando bajo cargas altas se posibilita grandes deformaciones - deformaciones plásticas - sin que se produzca el estado de falla. Para ello, las edificaciones necesitan suficiente tenacidad, llamada también "ductilidad".

Si un material que es parte de una construcción o toda la construcción tiene suficiente ductilidad, se puede llegar, bajo cargas sísmicas importantes, a grandes deformaciones; pero mientras éstas no superen un cierto valor, se evita la rotura de la pieza constructiva y por ende el colapso del edificio.

Ductilidad de las construcciones de acero:

En construcciones de acero, debido a la buena deformabilidad del mismo, se obtiene una gran ductilidad si, hasta llegar a las grandes deformaciones plásticas, es posible evitar inestabilidades como vuelco ó abollamiento. Base para un buen comportamiento de construcciones de acero bajo cargas sísmicas, es un prolijo desarrollo constructivo para lograr la seguridad a inestabilidades localizadas.

Ductilidad de construcciones de hormigón armado:

En construcciones de hormigón armado, la deformación plástica de la estructura es limitada. Sin embargo aún aquí se puede alcanzar una satisfactoria ductilidad del edificio, si la ductilidad de cada parte constructiva es incrementada por armaduras y se logra la participación de la mayor cantidad posible de piezas estructurales en la deformación plástica.

Ductilidad de mampostería:

La mampostería simple sin armadura, prácticamente no posee ductilidad. Por lo tanto, las construcciones de mampostería en zona sísmica, deben limitarse a pocos pisos.

En zonas de muy alto riesgo sísmico, debería usarse mampostería armada (ver párr. 8.2).

Ductilidad de construcciones de madera:

En construcciones de madera la ductilidad se presenta en primera línea relacionada a la deformación plástica de la unión. La deformabilidad plástica del material de construcción "madera" es sin embargo, insignificante.

Rótulas plásticas:

La figura 6.6 muestra distribuciones favorables y desfavorables de plastificaciones (las así denominadas "rótulas plásticas") en vigas y columnas de marcos de varios pisos. Es más favorable si bajo cargas horizontales las rótulas plásticas se forman primero en las columnas y después en las vigas.

Fig. 6.1: Períodos propios de vibración de edificios de diferente altura y construcción

Amplitud de vibración

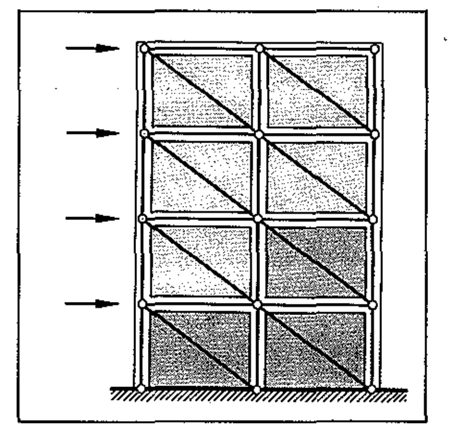
Tiempo (s)

T T

1 Piso | 5 Pisos | | 10 Plantas |
Muro-tabique | Muro-tabiques | Pórticos | Muro-tabiques | Pórticos
$T \approx 0{,}05$ s | $T \approx 0{,}25$ s | $T \approx 0{,}55$ s | $T \approx 0{,}50$ s | $T \approx 1{,}00$ s

Fig. 6.2: Tabicado de construcciones en esqueleto

a) Pórtico con tabique come entramado



b) Relleno-tabique colaborantey no colaborante

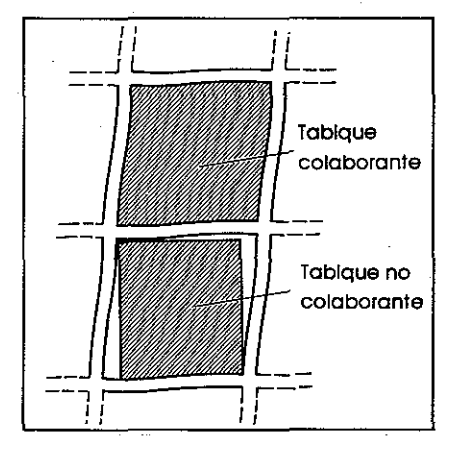


Fig. 6.3: Formas de vinculac. de tabiques no colaborante

a) Vinculación superior

b) Vinculación lateral

c) Vinculación adicional

a)

b)

c)

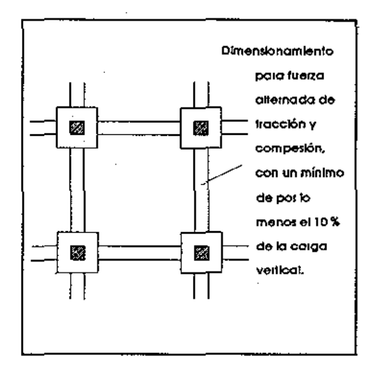
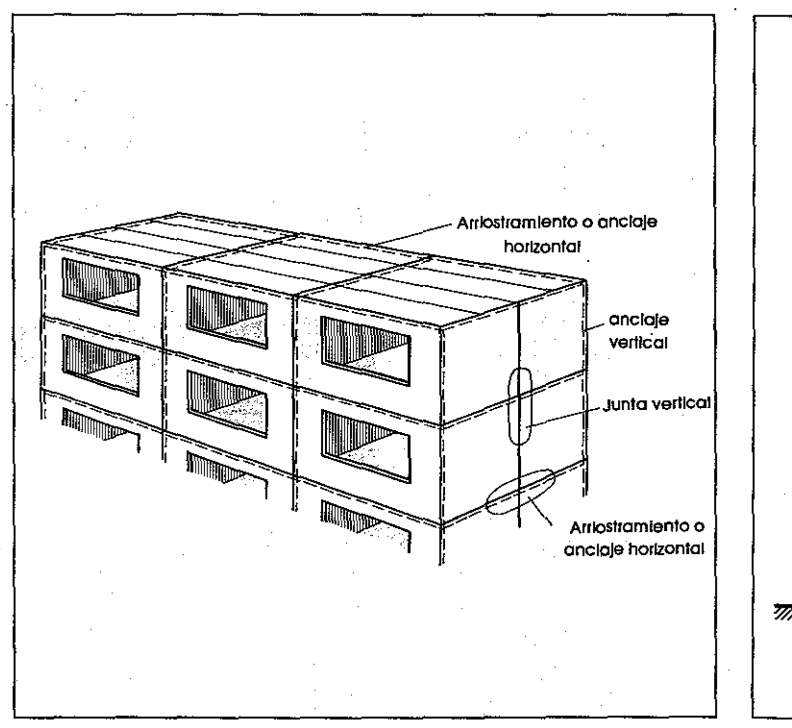


Fig. 6.4: Anclajes sometidos a esfuerzos alternados entre bases aisladas

Fig.6.5: Sistemas constructivos tabicados

a) Con arriostramientos y juntas

b) Tendencia a desplazamientos a lo largo de una junta vertical



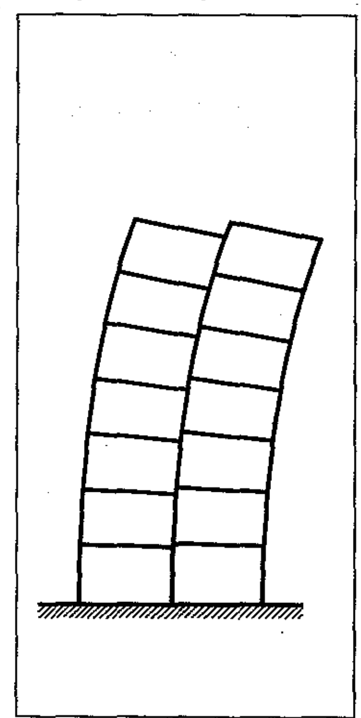
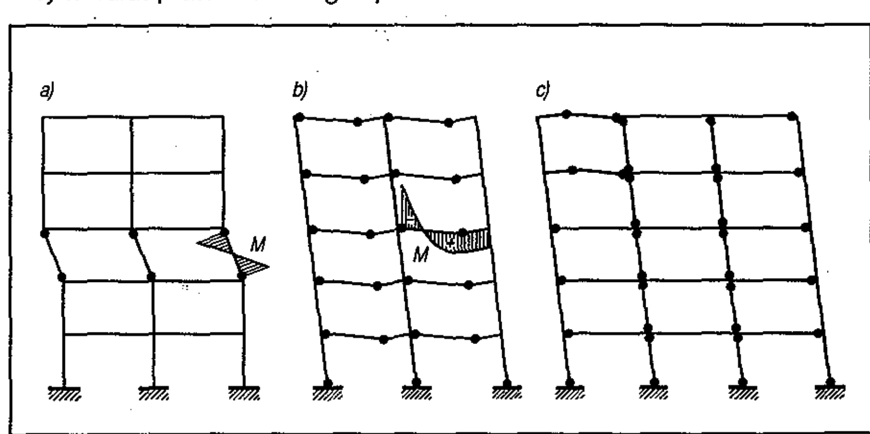


Fig. 6.6: Rótulas plásticas en pórticos de varios pisos

a) Rótulas plásticas en columnas

b) Rótulas plásticas en vigas

c) Rótulas plásticas en vigas y columnas



7. - RESUMEN DE LAS REGLAS GENERALES PARA UNA CORRECTA CONSTRUCCION ANTISISMICA

Regla básica:

El diseño antisísmico correcto es más importante que la verificación matemática de la seguridad al sismo.

Formas constructivas:

Deben ser compactas, de formas regulares y dado el caso, separadas por juntas.

Arriostramientos:

Se deberá colocar los elementos de arriostramiento en lo posible simétricamente cerca de los bordes de la construcción y desarrollados en toda la altura del edificio.
Se debe tender a construcciones rígidas y evitar pisos "suaves" aislados. El centro de torsión (también llamado "centro de rigidez") debe situarse lo más cerca posible del centro de masa.
Se debe seleccionar sistemas portantes claros y simples, e introducir reservas constructivas mediante construcciones estáticamente indeterminadas (hiperestáticas).

Masas:

Se debe buscar una distribución regular de las masas constructivas.
El centro de masa debe situarse lo más bajo posible evitando la ubicación de grandes masas en altura.

Fundaciones:

Investigar cuidadosamente las condiciones del subsuelo.
Preveer iguales tipos de fundaciones y vincularlas con el mismo tipo de suelo.
Arriostrar fundaciones solicitadas a tracción y compresión.

Sótanos parciales deben en lo posible ser evitados. Desarrollar los sótanos como núcleos rígidos.

Cubiertas:

Ejecutarlas como placas. Preveer las aberturas en los sitios adecuados.
Evitar entrepisos con niveles desplazados.
Losas prefabricadas deben vincularse entre sí y con otras partes constructivas verificándolas a tracción, compresión y corte.
Preveer anclajes.

Muros entramados:

Tener en cuenta su colaboración.
Asegurarla constructivamente o separar el tabicado de la estructura portante.

Ductilidad:

Posibilitar la deformación plástica, en especial mediante la correspondiente armadura,vinculaciones dúctiles y conexiones; debe tomarse precauciones constructivas para evitar inestabilidad localizada.

8. - DETALLES CONSTRUCTIVOS PARA CONSTRUCCIONES CON POCOS PISOS.

8.1. - Fundaciones

Para las fundaciones vale lo expresado en los párrafos 5.7 y 6.3.

Fundaciones corridas y bases aisladas deben vincularse entre sí y deben pasar por debajo de las aberturas de los muros. Deben contar con una armadura longitudinal superior e inferior - en las zonas de gran actividad sísmica - con como mínimo 2 ϕ 14 mm y estribos de ϕ 8 mm. Por lo menos en la zona de aberturas deben colocarse estribos (Fig. 8.1).

8.2. - Muros

Los muros destinados a soportar cargas sísmicas deben tener un espesor mínimo de 24 cm. Deben arriostrarse en dirección transversal (Fig. 8.2).

Los muros de mampostería que soporten cargas sísmicas, también debieran soportar cargas verticales, ya que así aumenta su capacidad resistente a sismo.

Muy importante es la ejecución de la vinculación entre muros portantes y muros transversales de arriostramiento y, en los encuentros de muros. Los muros de arriostramiento se deben levantar conjuntamente con los muros a arriostrar, ejecutando los mampuestos simultáneamente con su correspondiente trabe. Se logra una seguridad adicional armando las juntas en los encuentros de muros. Vinculaciones de muros a tope no son permitidas.

Se debe respetar las siguientes reglas:

- En lo posible se debe emplear el mismo material para muros interiores y exteriores.

- Muros que soporten cargas sísmicas, no deben ser ejecutados en mampostería mixta y tampoco en mampostería sin juntas de contracción.

- En las zonas de gran actividad sísmica los muros exteriores de sótano deben ejecutarse en hormigón armado. En los muros restantes debe usarse mampuestos de clase de resistencia mínima igual a 4.(*)

- Los muros portantes deben ejecutarse en forma contínua y superpuestos.

- El debilitamiento de muros por aberturas debe ser reducido a un mínimo. Es conveniente colocar las instalaciones accesorias detrás de antemuros.

- Partes constructivas de mampostería y hormigón armado deben vincularse entre sí con una barra de acero FI 6 mm. Como mínimo en cada tercer hilada o con un pasador de chapa plana agujereada (fleje). Las columnas de hormigón armado deben hormigonarse dejando la abertura en la mampopstería para ser llenadas una vez ejecutado el muro. Dado que las aberturas en los muros influyen sobre su efecto de placa, ellas deben ser lo más pequeñas posibles y alejadas de los encuentros de muros.

Si se cumplen las siguientes reglas, se logrará una equilibrada relación entre aberturas y los pilares intermedios:

- La superfice total de las aberturas previstas en un muro no deben superar el 40% de la superficie total del mismo.

- Para la relación "p" entre pilar y ancho de la abertura rigen los valores mínimos consignados en Fig. 8.3.

(*) Ndt: Sobre el tema de "Clases de resistencia de mamposterías" se puede consultar el trabajo: "Valores del módulo E, coeficiente de elasticidad transversal y valores de alargamiento en roturas de mampostería", de los autores P.Schubert y H.Glitza. Este trabajo en versión castellana se encuentra archivado en el Grupo de Construcciones Antisísmicas de la Facultad Regional Mendoza de la U.T.N.

Si se cumplen los valores de "p" en Fig. 8.3, en edificios de planta regular (ver párr. 5.2 a 5.8) y con sismos débiles o medianos, en la mayoría de los casos se puede evitar fisuras abiertas. Si no se puede cumplir con las relaciones de "p", se recomienda enmarcar aberturas y encuentros de muros con elementos de hormigón armado.

Como muestran las trayectorias de fisuración por sismo en construcciones dañadas de mampostería, las fisuras en general salen de las esquinas de las aberturas (Fig. 3.1, 3.2 y 3.4). Enmarcando las aberturas con elementos de hormigón armado vinculados a los anclajes, estos daños pueden ser evitados. Ejemplos: ver Fig. 8.4.

Grandes ventajas para la seguridad al sismo tiene la mampostería armada. Sin embargo en la RFA, contrariamente a lo usual en el extranjero, es poco usada. Un problema particular presenta la corrosión de la armadura, ya que el mortero puro de cemento no brinda la suficiente protección debido a la gran carbonatación que se produce. Por ello son necesarias medidas de seguridad adicionales, por ejemplo el galvanizado de la armadura.

8.3. - Entrepisos

Debido al necesario efecto de placa, es preciso vincular rígidamente los entrepisos con el arriostramiento. En construcciones de mampostería, para asegurar este vínculo, debe preverse en todos los muros portantes, vigas de encadenado que vinculen cada entrepiso ya sea por arriba o debajo del mismo (Fig. 8.5).

Dado que en losas llenas la unión con los muros, solamente mediante frotamiento y superposición no siempre evita la fisuración, se debe buscar una vinculación con tacos entre los pisos y columnas de hormigón armado ubicadas en muros (ver párr. 8.2).

En entramados de madera los encadenados deben unirse con los entrepisos mediante anclajes en muros o perfiles ángulo.

8.4. - Techos

En techumbres de madera las uniones a compresión deben verificarse también siempre a tracción.

Las uniones a tope deben siempre asegurar eventuales tracciones. La cumbrera, en conjunto, debe ser arriostrada espacialmente en todas direcciones. La Fig. 8.6 muestra diferentes posibilidades para el arriostramiento de una techumbre, con detalles de uniones.

Las diagonales contravientos deben, en zona sísmica, ser elegidas más resistentes que las habituales y se deben conectar en cada cabio o en su proximidad. Los flejes de chapa, hoy muy usados, no son sin embargo convenientes, ya que debido a su gran dilatación térmica, no cumplen con la íntima unión que se requiere. Los contravientos de madera deberían tener, como dimensiones mínimas, una escuadría de 3 por 14 cm. Las correas de carga deben ser suficientemente ancladas en el entrepiso.

Los derrumbes de frontispicios fueron son frecuentes. Por lo tanto es necesario arriostrarlos mediante muros transversales o anclarlos a estructuras de hormigón armado que a su vez encadenen todo el frontispicio (Fig. 8.7).

Tejas de techumbre que bajo acciones sísmicas caen, representan un grave peligro. Por tal razón, fijó medidas para asegurar las tejas para techos con inclinaciones mayores a 35°. Medidas adecuadas de seguridad representan, para este caso,la utilización de grapas contraviento especiales (Fig. 8.8). Es suficiente fijar al entablonado cada 4ta. teja colocada en damero.

El asegurar la cobertura del techo es obligatorio en aquellas partes de edificios que lindan con superficies de uso público y accesos a viviendas. La Fig. 8.9 muestra estos límites en dos ejemplos. En interés de la seguridad pública es recomendable la utilización generalizada a todo el edificio de las grapas contraviento descriptas anteriormente.

8.5. - Partes emergentes aisladas

Las chimeneas de los edificios son partes especialmente vulnerables de la construcción (párrafo 3.2). Su seguridad al vuelco a menudo sólo se asegura, en forma incompleta.

El origen de estos daños tan generalizados se debe a que las chimeneas no se encuentran vinculadas al techo en su plano, de manera que, al vibrar por efecto sísmico, golpean contra la estructura del techo y se rompen por corte. Adicionalmente pueden aparecer solicitaciones de torsión.

Para lograr que chimenea y techo oscilen en conjunto, además de un adecuado arriostramiento del techo debe ejecutarse un encadenado horizontal de la cabeza de la chimenea con el plano del techo (Fig. 8.10a).

Como seguridad adicional debe considerarse:
- Seguridad al vuelco mediante perfiles ángulo en las esquinas y tensores horizontales (Fig. 8.10a).
- Piedras canteadas con canales esquineros ejecutados en hormigón armado (Fig. 8.10b).
- Utilización de bloques conformados con encastre para asegurar la trasmisión de esfuerzos de corte en las juntas (Fig. 8.10c).

En las partes emergentes de una construcción, debido a la superposición de sus vibraciones propias con las del edificio (resonancia), se pueden producir aceleraciones horizontales hasta cinco veces mayores que las propias. Por tanto deben estas partes emergentes asegurarse contra sismos en forma especialmente cuidadosa.

8.6. - Saneamiento de constucciones existentes

En construcciones existentes se puede mejorar la seguridad al sismo sobre todo por las siguientes medidas:

- Asegurar las tejas (ver párr. 8.4).

- Asegurar las chimeneas (ver párr. 8.5).

- Asegurar las cumbreras (ver párr. 8.4).

- Asegurar y arriostrar las techumbres de madera (ver párr. 8.4).

- Partes constructivas aisladas no encadenadas, debieran ser suprimidas.

Otras mejoras - en especial el arriostramiento de muros y entrepisos - como así también el encadenado de entrepisos y muros exteriores, pueden ser necesarios en casos aislados.

Fig. 8.1: Fundación corrida armada

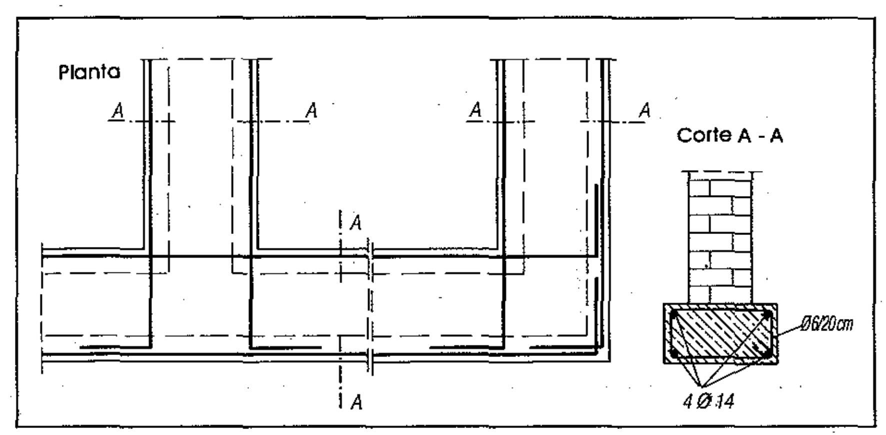


Fig. 8.2: Arriostramiento de construcciones de mampostería

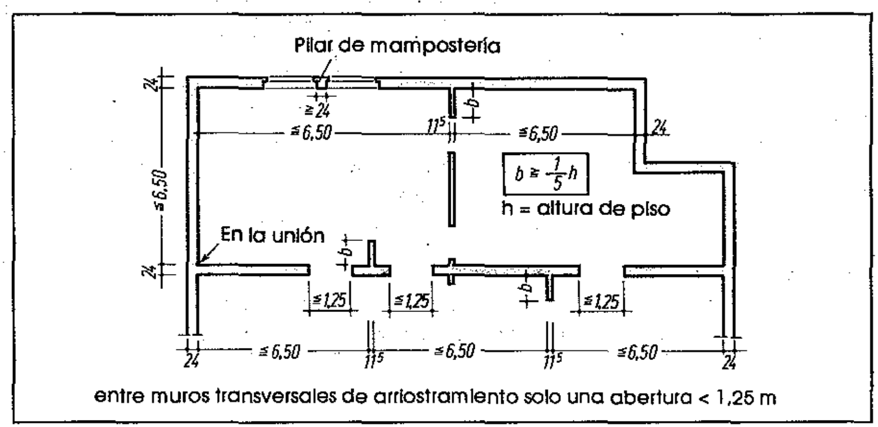


Fig. 8.3: Relación recomendada entre pilares y anchos de abertura

$p \cdot a_1$ a_1 $p\,(a_1 + a_2)$ a_2 $p \cdot a_2$

Longitud de muro

Tabla: Relación de pilares a aberturas (valores mínimos)

Zona sísmica	Clase de resistencia del bloque		
	4	6	≧ 12
3	0,4	0,3	0,3
4	0,5	0,4	0,3

Condiciones adicionales:
1. La superficie total de aberturas se debe limitar al 40 % de la superficie del muro.
2. Se utilizará comi mínimo del Grupo de Mortero II

Observación: Los valores indicados para p solo valen para edificios con buen arriostramiento y baja solicitación de torsión. En las Zonas 1 y 2 estas restricciones no son necesarias.

Fig. 8.4: Enmarcado de aberturas

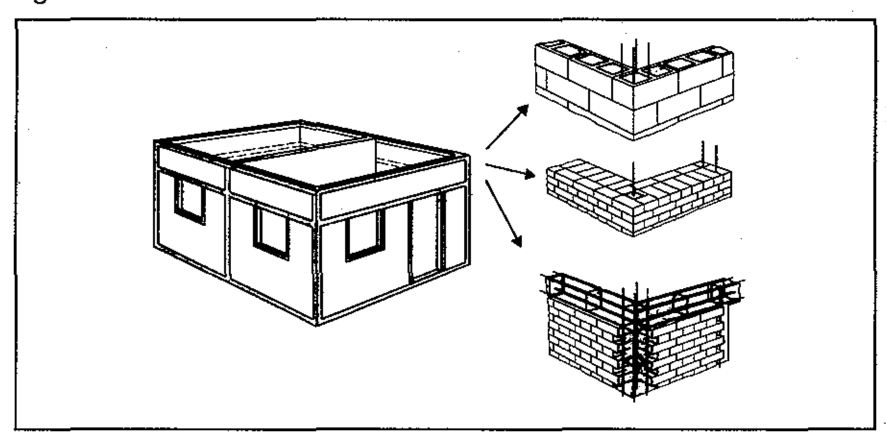
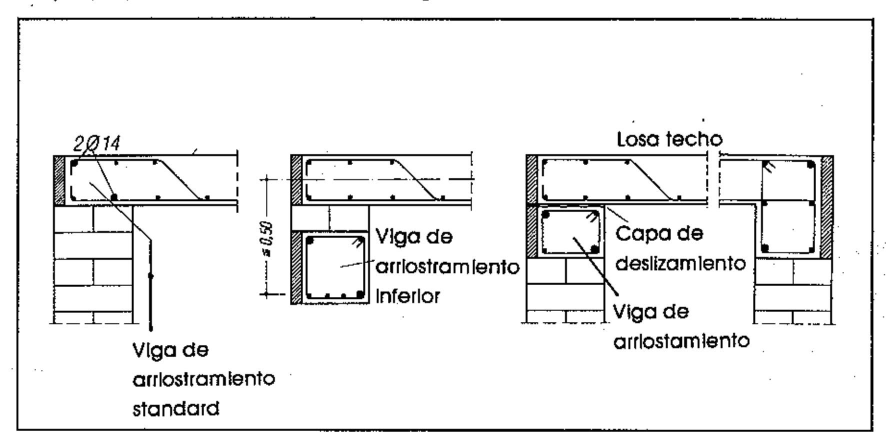
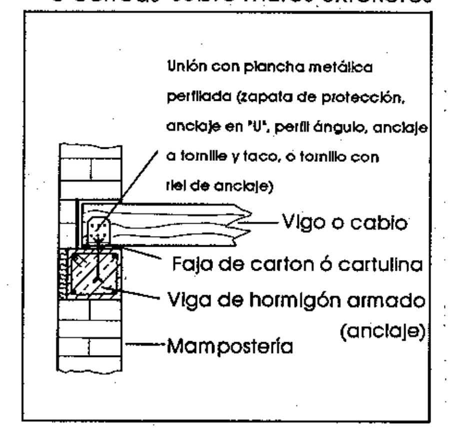


Fig 8.5: Uniones de entrepisos a muros

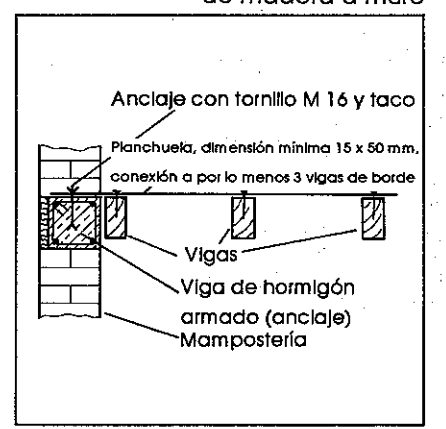
a) Apoyo de entrepiso de hormigón armado



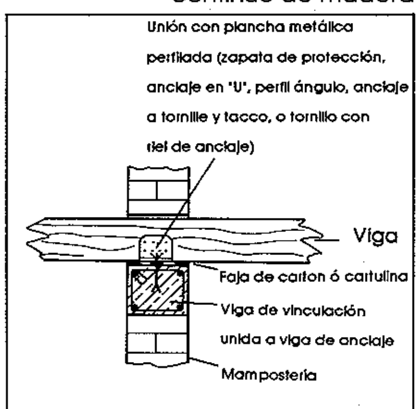
b) Apoyo de vigas de madera o correas sobre muros exteriores



c) Union de entrepiso de madera a muro



d) Apoyo de vigas entrepiso contínuo de madera



e) Apoyo de entrepiso no contínuo

Cubrejuntos de acero, clavada, para unión traccionada a tope, de un solo lado

Unión con plancha metálica perfilada (zapata de protección, anclaje en "U", perfil ángulo, anclaje a tornille y tacco, o tornillo con riel de anclaje)

Viga

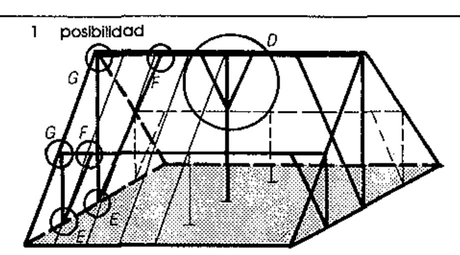
Faja de carton ó cartulina

Viga de vonculación unida a viga de anclaje

Mampostería

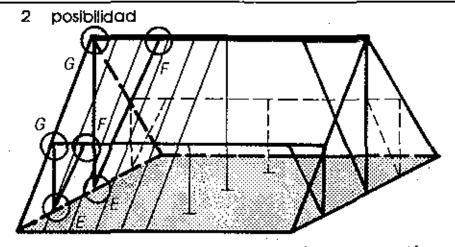
Fig. 8.6: Arriostramiento de techos y áticos
a) Distintas posibilidades de arriostramiento

1 posibilidad



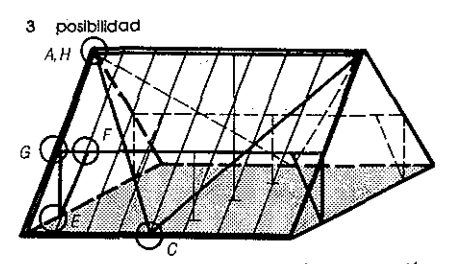
Juntas de cabios a tracción y compresión

2 posibilidad



Desarrollar juntas de cabios a tracción y compresión

3 posibilidad



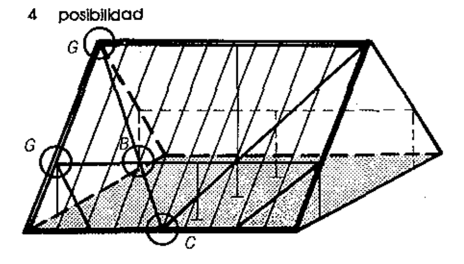
Desarrollar juntas de cabios a tracción y compresión

Alternativa para el arriostramiento del techo:

El techo puede desarrollarse como placa con un entablonado resistente a corte de madera enchapada, placa de virutas o aglomerado de fibras de madera dura.

——— = Arriostramiento a cargas horizontales (la otra mitad del techo en forma análoga)

4 posibilidad

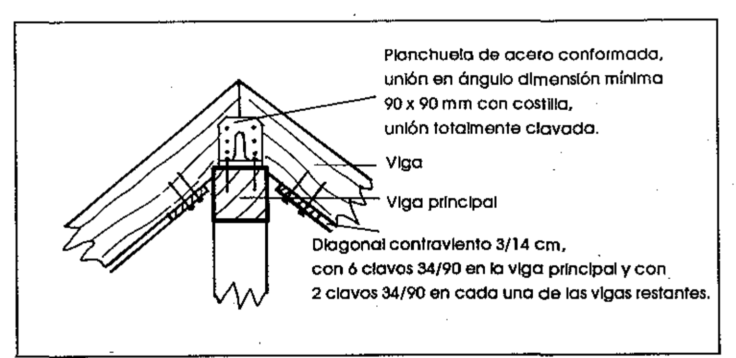


Desarrollar juntas de cabios a tracción y compresión

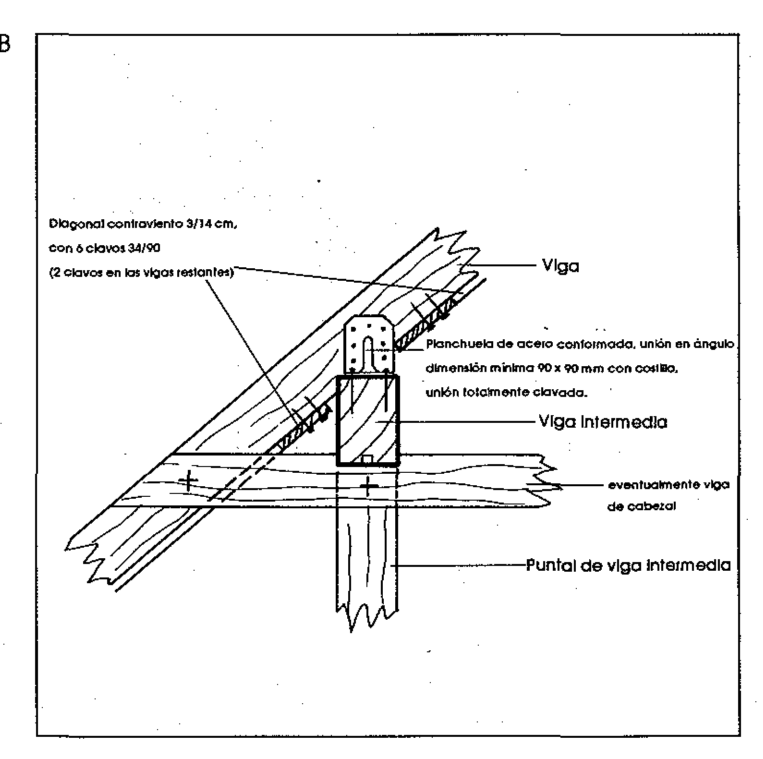
Alternativa para el arriostramiento del techo:

El techo puede desarrollarse como placa con un entablonado resistente a corte de madera enchapada, placa de virutas o aglomerado de fibras de madera dura.

8.6b) Detalle A

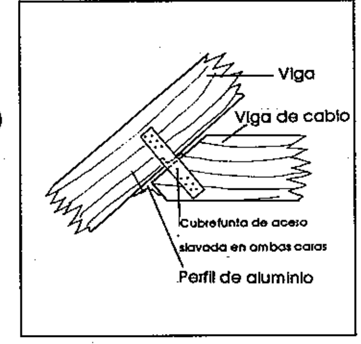


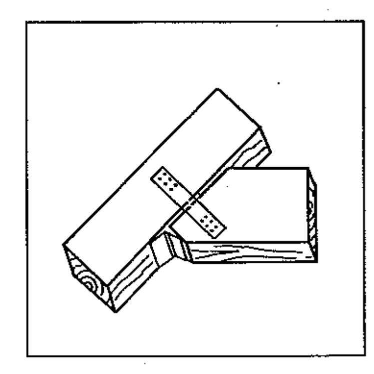
c) Detalle B



d) Alternativa para Detalle B
(Viga de caballete, Corte)

e) Alternativa para Detalle B
(Viga de caballete, Isometría)





8.6f) Detalle C

Planchuela de acero conformada, unión en ángulo 90/90 mm con costilla totalmente clavada

Viga

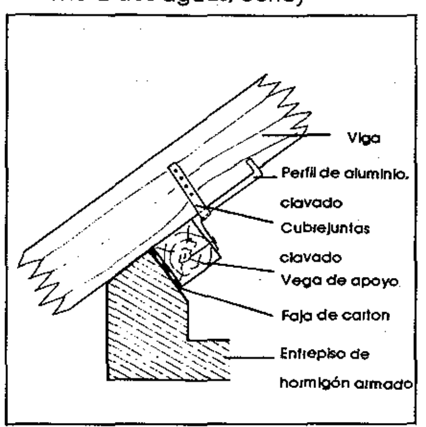
Diagonal contraviento 3/14 cm con 6 clavos 34/90 en la viga principal y 2 clavos en cada una de las vigas restantes

Vega de apoyo, sección mínima 10/10 cm anclada en el techo para resistir succión del viento

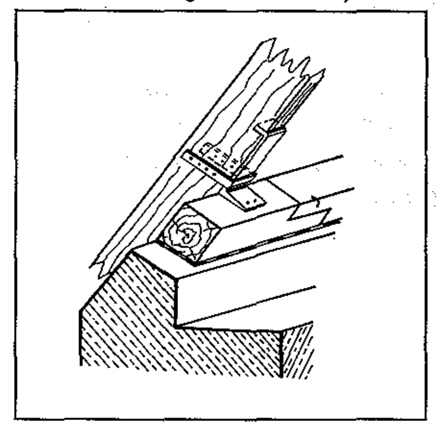
Entrepiso de hormigón armado

Mampostería

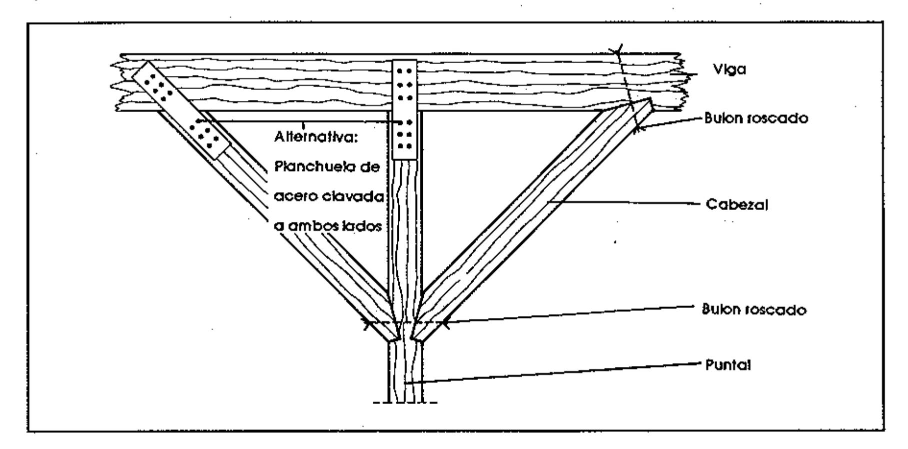
g) Alternatiwa para detalle C:
(punto de apoyo de la viga, o de un techo a dos aguas, corte)



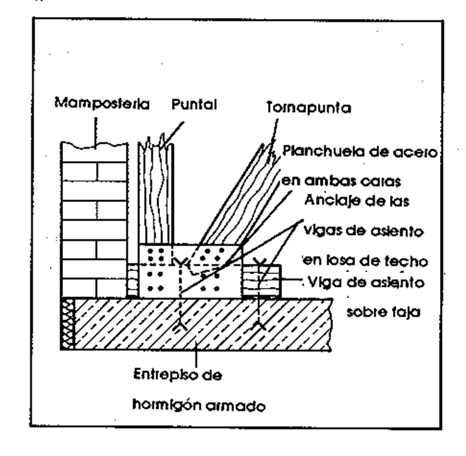
h) Alternatiwa para detalle C:
(punto de apoyo de la viga, o de un techo a dos aguas, Isometría)



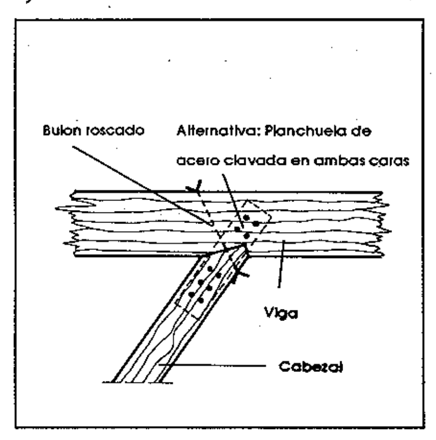
8.6i) Detalle D



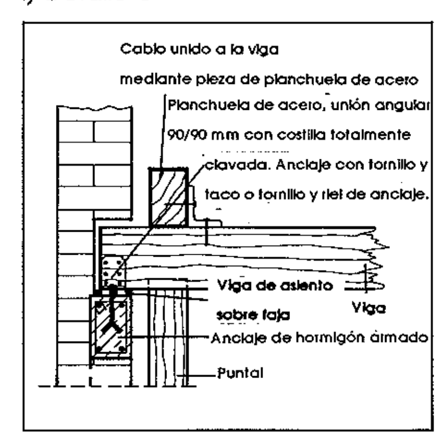
j) Detalle E



k) Detalle F



l) Detalle G



m) Detalle H

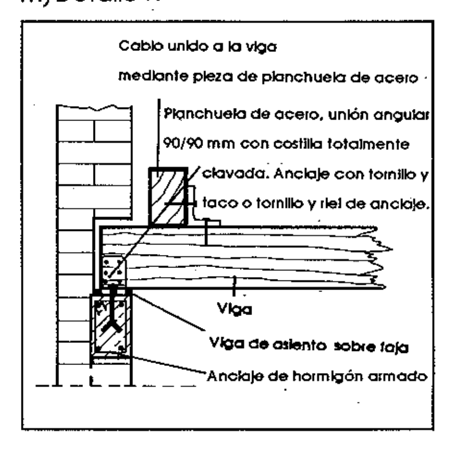


Fig. 8.7: Arriostramiento de mutos de frontispicio

a) Arriostramiento del muro de frontispicio mediante pilar o muro transversal

b) Union de muro de frontispicio mediante viga de arriostramiento de h.armado a losa de techo arriostrade

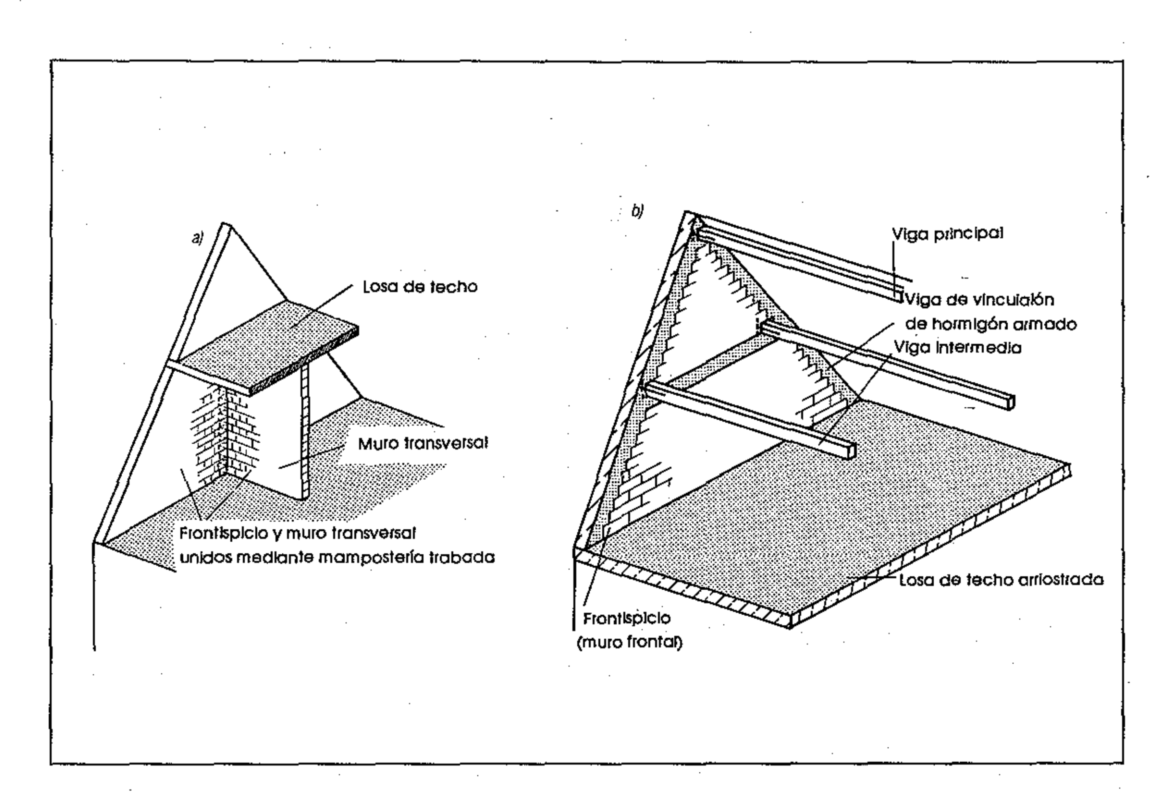
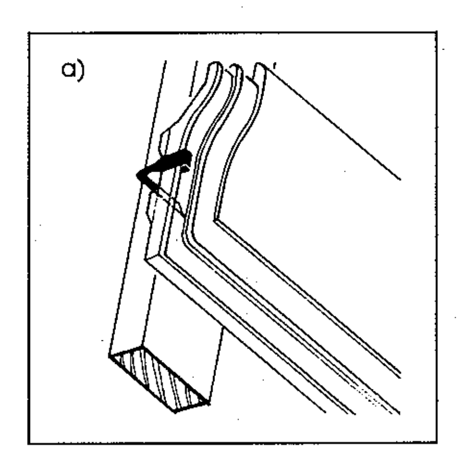


Fig. 8.8: Seguridad de tejas



b)

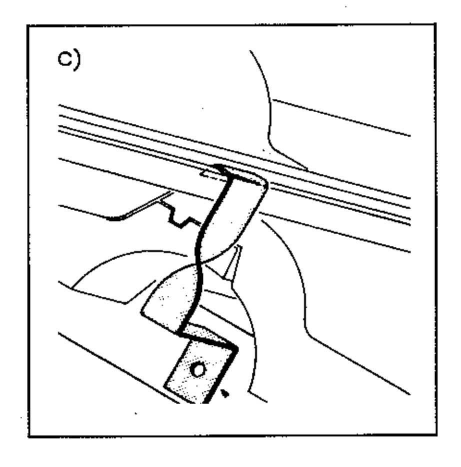
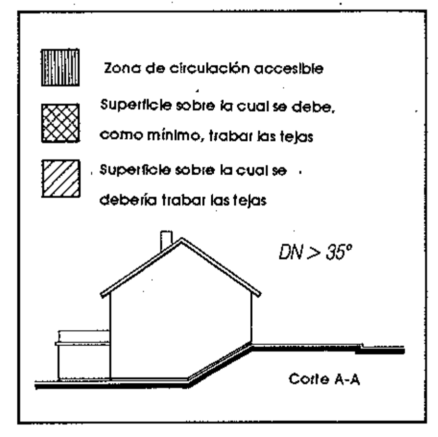
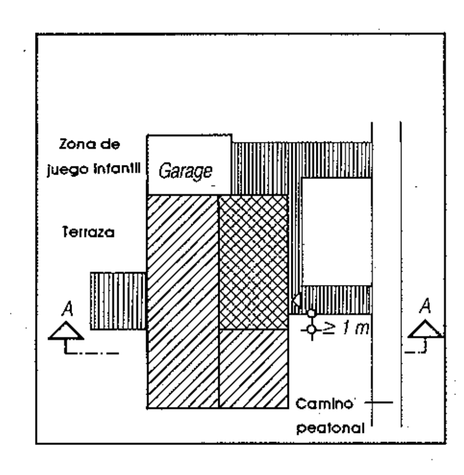


Fig. 8.9: Zonas del techo donde se debe asegurar las tejas





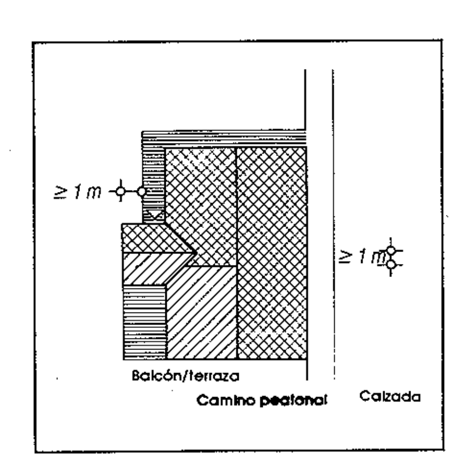
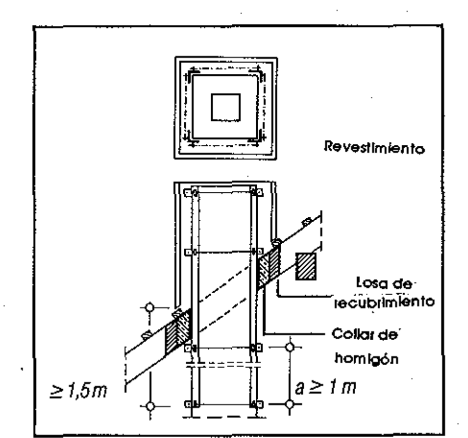
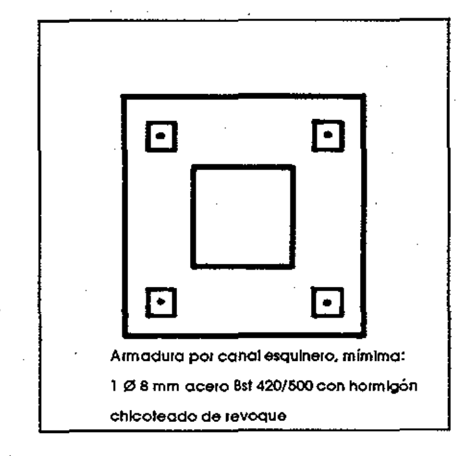


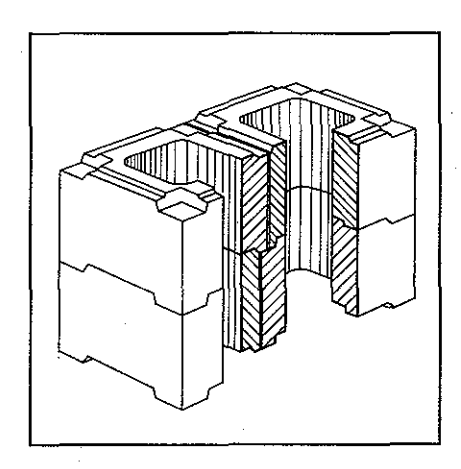
Fig. 8.10:Aseguramiento de cabezales de chimenea



a) Aseguramiento mediante perfiles ángulo



b) Formación de la chimenea con canales esquineros ejecutados en h. armado



c) Bloques conformados con encastre

9. - EJEMPLOS DE DISEÑO DE VIVIENDAS

9.1. - Arriostramientos y pisos desplazados en altura

Arriostramiento en planta:

La Fig. 9.1 muestra diversas disposiciones de muros de arriostramiento en plantas de casas-habitación. El ordenamiento de las ilustraciones está clasificado según su gradación de correcto arriostramiento antisísmico. La solución b de Fig. 9.1 es posible cuando losas y pisos están vinculados a los muros como placas rígidas verificadas al corte.

Pisos desplazados en altura:

Si fuera necesario desplazar verticalmente entrepisos (Fig. 9.2a y b) se deben tomar las siguientes precauciones:

- La transmisión de fuerzas horizontales entre pisos desplazados, cuando la altura de desplazamiento es considerable, debe realizarse mediante la inserción de tabiques vinculantes de hormigón armado (ver Fig. 9.2c). Estos tabiques no deben ser debilitados por grandes aberturas.
- La vinculación de las losas desplazadas se debe ejecutar en forma continua y verificada a flexión.
- El sótano debe ejecutarse como núcleo rígido (Fig. 9.2b).

Diseños desfavorables y propuestas de mejoramiento:

La Fig. 9.3a. hasta c. muestra un diseño con fallas:

- Falta de arriostramientos en dirección horizontal.
- Losas desplazadas en altura.
- Ausencia de núcleo rígido en subsuelo.

El proyecto sólo sería en esta forma, realizable si la absorción del efecto sísmico es demostrada mediante cálculo de verificación, por ejemplo para una construcción de hormigón armado. Si la ejecución de

la obra se realiza en mampostería, se debe tomar las siguientes precauciones:

- Introducción de un muro adicional de arriostraminto A.
- Formación de los muros B y C como pórticos de hormigón armado.
- Formación del apoyo de columna D.
- Ejecución en hormigón armado del desplazamiento en altura de las losas de acuerdo al corte C-C.
- Vinculación del pórtico C a losas y muros. La escalera debilita el entrepiso en un punto crítico, su traslado es aconsejable.

9.2. - <u>Ejecucion de subsuelo (parcial) y construcciones des garage</u>

El diseño mostrado en Fig. 9.4 a y b muestra con referencia al diseño antisísmico, varias fallas, a saber:

- Cuerpos de edificio articulados (Cuerpo principal y garage).
- Profundidades de fundación diferentes.
- La parte de edificio sin subsuelo no está netamente separada ni unida rigidamente.
- Parte en voladizo sobre planta baja.

Propuestas de adecuación:

Variante A (Fig. 9.4a , 9.5a)
- Separación del garage y cuerpo principal mediante una separación (A1).
- Separación del cuerpo principal de la parte sin subsuelo mediante una junta (A2).
- Supresión del voladizo (A3) sobre planta baja o submuración con tabiques de hormigón armado.

Variante B (Fig.9.5 b)
- Construcción del subsuelo en la parte trasera o escalonamiento de las fundaciones.
- Desarrollo de todo el subsuelo como núcleo rígido (B1).
- Si la separación del garage no es posible se lo debería incluir en el subsuelo (B2).

- Supresión del voladizo (B3) sobre planta baja o submuración con tabiques de hormigón armado.

Construcción parcial del subsuelou (Fig. 9.6):

Las construcciones parciales de subsuelo son desfavorables (ver párr. 5.7). Si no es posible evitarlas, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Las partes no submuradas se deben separar del cuerpo principal con juntas, ó mediante tabiques de fundación escalonados (FA) se debe llevar los los cimientos hasta encontrar suelo de un solo tipo.
- También la platea de fundación debe actuar como placa.
- El sótano se debe ejecutar como núcleo rígido en hormigón armado (SK) (Fig. 9.6).

Construcción de garages:

Los garages por regla general, deben separarse del cuerpo principal (Fig. 9.7 a) ó vincularse en forma constructiva rígida.

- Si el garage sólo sobresale del cuerpo principal a nivel del subsuelo (Fig. 9.7b), la vinculación de muros y entrepisos se debe realizar rígidamente.
- Si el garage sobresale a nivel de planta baja (Fig. 9.7c) se debe escalonar las fundaciones ejecutándolas como placas y uniéndolas a los muros del subsuelo en forma rígida.

9.3. - Mansardas salientes y montaje de techos

Mansardas o buhardillas en mampostería son muy susceptibles a colapso bajo sismo.

Debido a su gran masa en voladizo, suelen desprenderse de las paredes exteriores y caer. Por tanto las mansardas salientes deben ser ejecutadas como construcción liviana, ó vincularse con la estructura de piso (Fig. 9.8a y b).

Los umbrales bajos de cierre en el desván deben ejecutarse normalmente a su plano con la suficiente rigidez mediante una unión en hormigón armado (Fig. 9.8c). Si la vinculación es de mampostería, deben arriostrarse con vigas de encadenado, las que deben anclarse en los muros transversales.

9.4. - Constucciones adyacentes a edificios existentes

Se pueden distinguir dos casos:

- Agregado en planta, de gran superficie (por ampliación de casa-habitación).
- Construcción agregada en altura,de poca superficie (por ejemplo caja de escalera, galería cubierta o porch).

En el primer caso (Fig. 9.9a) existiendo una vinculación constructiva del agregado con el edificio existente, se llegaría a fisuraciones debido a los distintos comportamientos a deformación. Es importante aquí materializar bien la correcta separación de ambos edificios, con las correspondientes fundaciones separadas y arriostramiento de la construcción agregada (Fig. 9.9b).

En el segundo caso (Fig. 9.9c) la construcción agregada debe vincularse claramente al edificio existente a fin de evitar la gran amplitud que originarían las vibraciones bajo sismo. Debería fundarse con fundación rígida, firmemente unida a la construcción existente, y la construcción ser lo más liviana posible.

9.5. - Sobrelevation de edificios existentes

En la construcción de mampostería según Fig. 9.10a,.se ha proyectado sobreelevar la construcción existente en un piso. Si el edificio sobreelevado no cumple con las reglamentaciones sísmicas vigentes al momento de ejecución (ver párrafo 4.1) y no se pueden ejecutar trabajos de mejora, el permiso de sobreelevación solo se otorgará si se llega a la convicción de que la seguridad sísmica del edificio no se verá disminuida. Esto puede obtenerse, por ejemplo, reemplazando

partes constructivas pesadas, por otras de construcción liviana, por ejemplo en combinación con una disminución de la pendiente del techo (Fig. 9.10b).

9.6. - Refacción de edificios existentes

La historia típica de la refacción de una vivienda con negocio en planta baja se puede ver en las figuras 9.11a hasta f.

El edificio original suficientemente rígido (Fig. 9.11a.), en una primer refacción fue modificado en Planta Baja con el agregado de un depósito al que hubo que quitarle un murotabique de arriostramiento (Fig. 9.11b). En una segunda etapa de reformas también un segundo muro-perimetral fue debilitado para insertarle aberturas para vidrieras (Fig. 9.11c). En la última reforma se debió quitar el último arriostramiento en planta baja (Fig. 9.11d).

Las losas de techo de planta baja y anexo no trabajan en conjunto como diafragmas. Por tal razón el muro trasero del edificio no contribuye al arriostramiento general. Es decir que se podría producir un colapso según la Fig. 9.11e.

La refacción proyectada es posible introduciendo varios pórticos cerrados (marcos) en Planta Baja (Fig. 9.11f y g). Una vinculación transmisora de esfuerzos entre pórticos, losa y muros , es necesaria.

9.7. - Casa habitacion unifamiliar aislada

La Fig. 9.12 muestra el proyecto de una vivienda unifamiliar, cuya planta, a pesar de estar irregularmente dividida, puede clasificarse como antisísmica. Las fundaciones de las columnas libres de esquina deben vincularse en forma escalonada a las paredes exteriores de hormigón armado del sótano. El arriostramiento en ambas direcciones horizontales está logrado con los muros A, B, C y D. La disposición de los restantes muros interiores es libre. Los muros exteriores E, F y G pueden ser debilitados mediante ventanas, ya que no son necesarios para el arriostramiento.

El diseño tiene las siguientes fallas:

- Los muros portantes verticales no son corridos a través de todos los pisos.
- Concentración de cargas, ya que las juntas de construcción no han sido bien ejecutadas en la caja de escalera.
- Piso "suave" (ó "blando").
- Distinto comportamiento a deformación de los diversos pisos.
- Desplazamiento vertical de los centros de rigidez.

Para ejecutar esta construcción como sismoresistente se necesitan las siguientes modificaciones (Fig. 9.15):

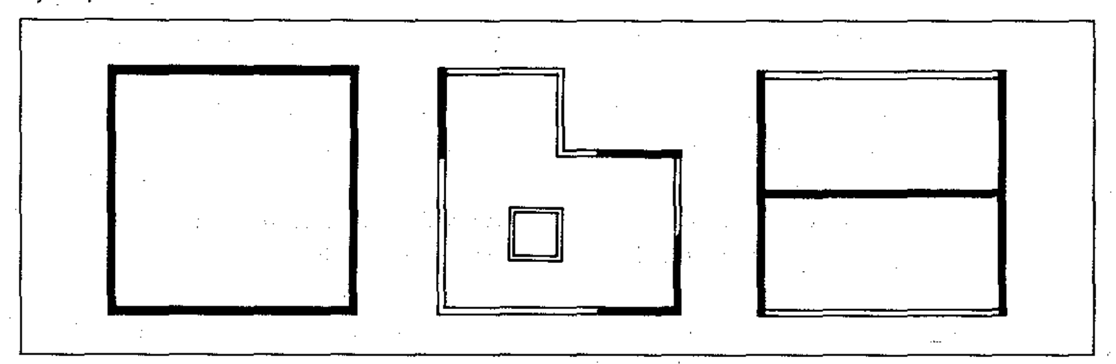
- Pórticos de arriostramiento en planta baja (A).
- Muros llenos y enmarcados con columnas en Planta Baja (B, C).

El arriostramiento asimétrico en plantas y elevación origina significativas solicitaciones de torsión (comparar Fig. 3.3, 5.4 y 5.5). Por tanto, igualmente es necesaria una verificación dinámica y espacial y se requiere una construcción muy prolija, en especial en las partes portantes en planta baja. Deben considerarse, por lo tanto, costos adicionales.

Los ejemplos muestran que, manteniendo las premisas constructivas válidas para construcciones sismoresistentes, por regla general se puede obviar la necesidad de cálculos especiales y los costos adicionales originados por las previsiones sísmicas permanecen bajos. Si bien en casos aislados puede haber costos adicionales, ellos no se encuentran en relación a los daños que se originan por no tener en cuenta las reglas básicas enunciadas.

Fig. 9.1: Arriostramientos vistos en planta

a) Disposición favorable



b) Dispisición desfavorable

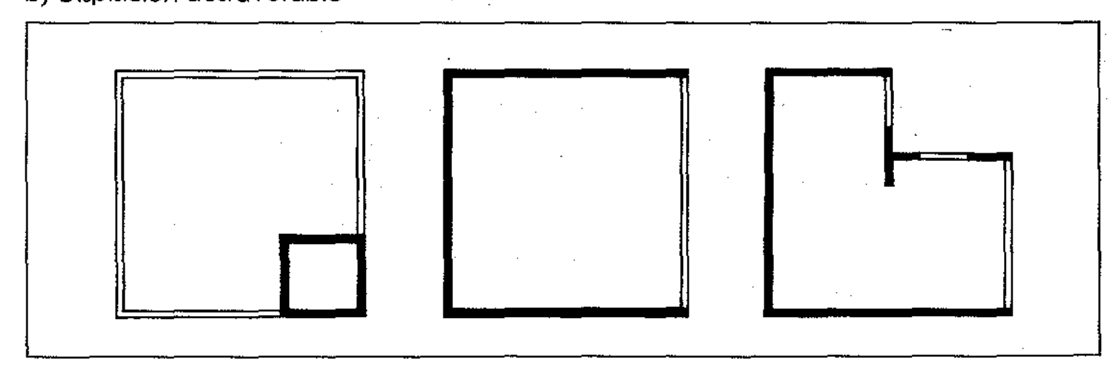
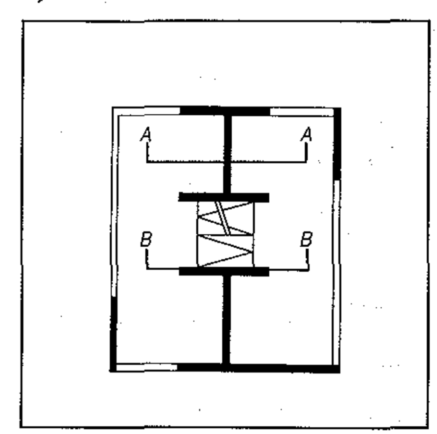
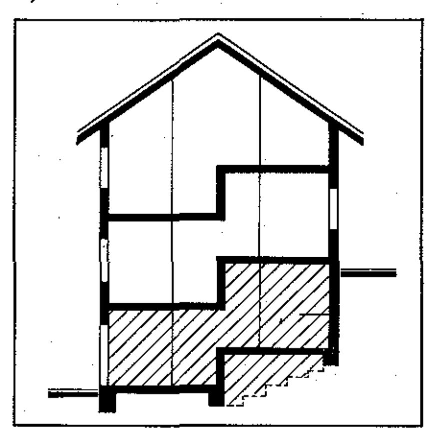


Fig. 9.2. Pisos desplazados en altura

a) Planta



b) Corte A-A

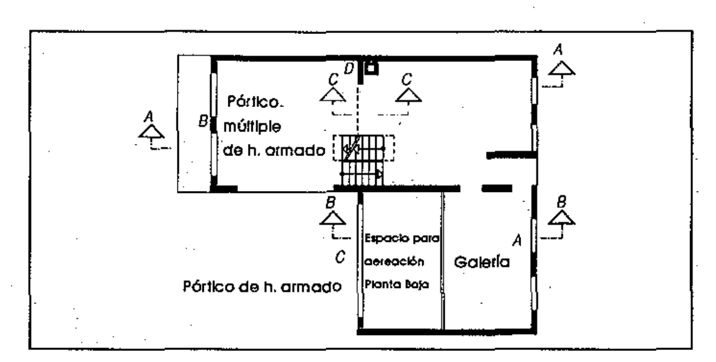


c) Corte B-B

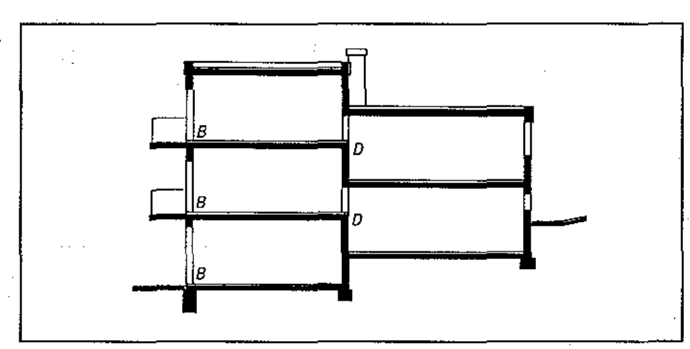
Tabique vinculante de h. armado
El desplazamiento vertical debe ser
ejecutado contínuo y resistante a flexión

Fig. 9.3: Casa unifamiliar

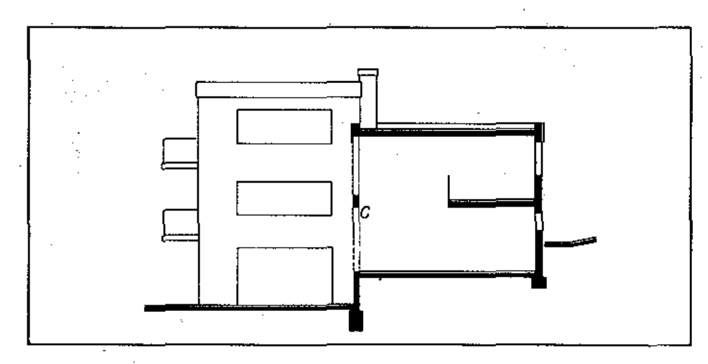
a) Planta



b) Corte A-A



c) Corte B-B



d) Detalle Corte C-C

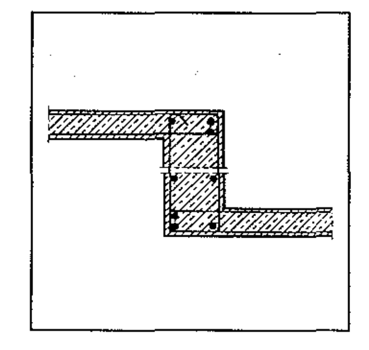


Fig. 9.4: Casa unifamiliar con sector de sótano

a) Planta

Garage

A1

Corta-
viento

Sótano

Sótano

Ducha/Baño

A

A

Despósito

Dormitorio

Cocina-
comedor

Estar

b) Corte

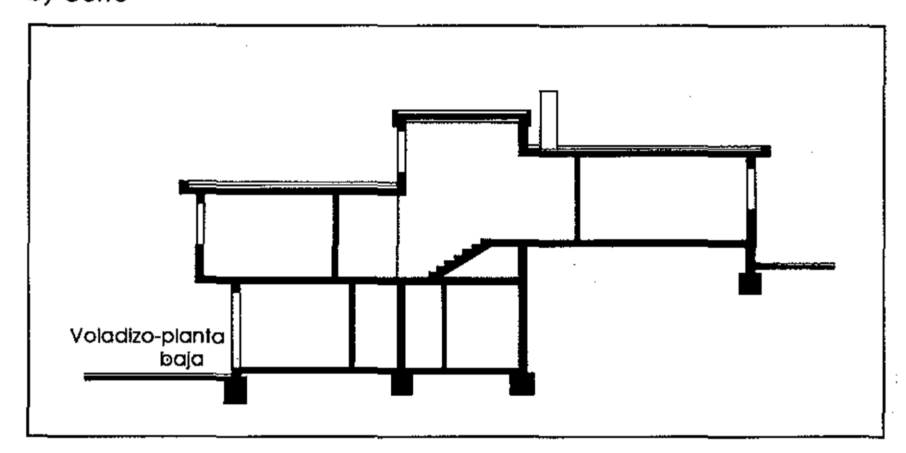
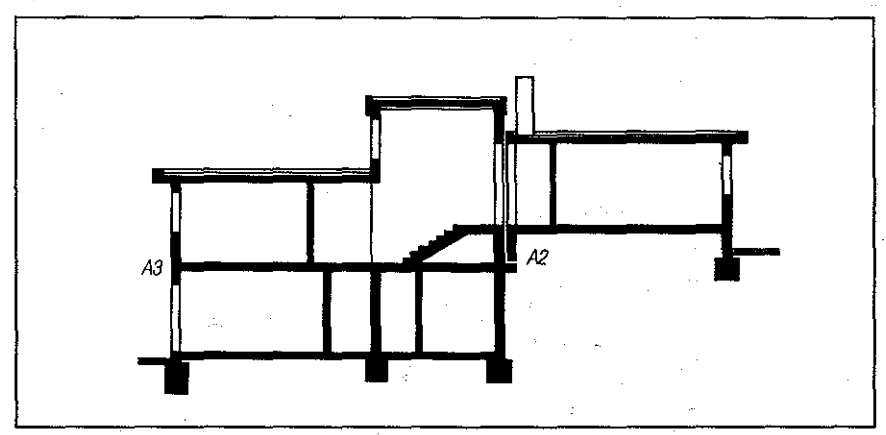


Fig. 9.5: Propuesta de modificación

a) Variante A



b) Variante B

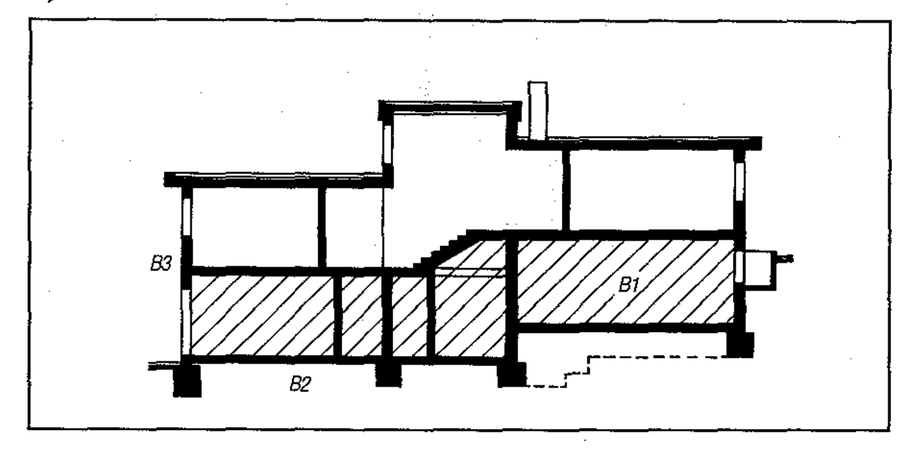


Fig. 9.6: Sectorización de sótano

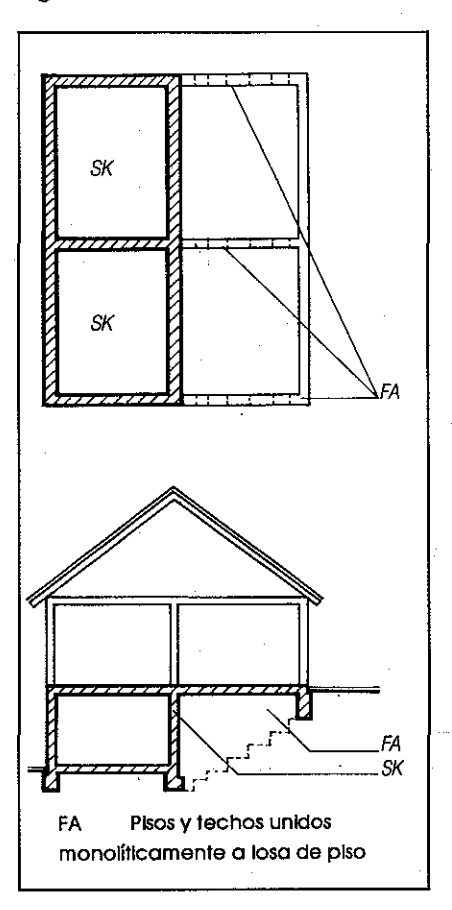
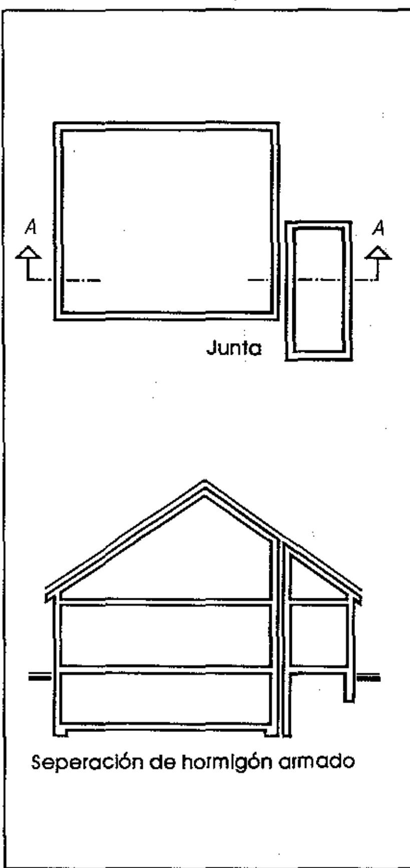
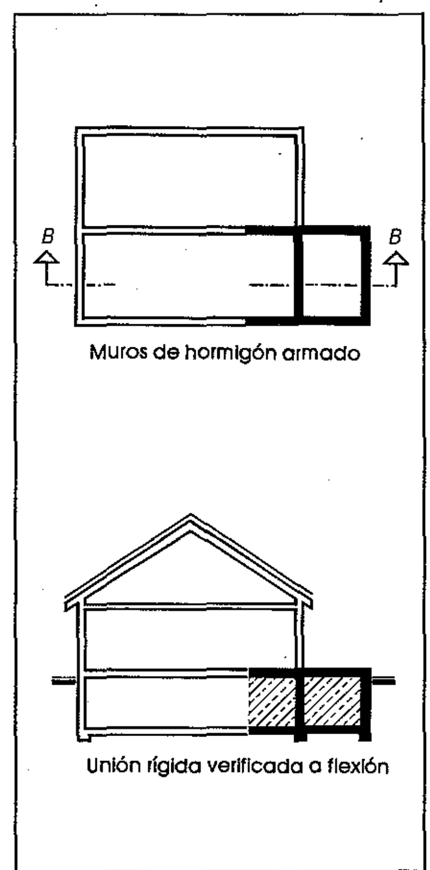


Fig. 9.7: Constricción de garages

a) Separación del cuerpo principal mediante junta



b) Unión rígida de un garage con sótano mediante tabiques



c) Garage en planta baja con fundación rígida escalonada.

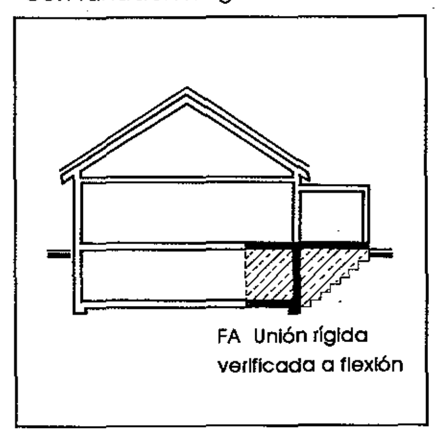


Fig. 9.8: Balcón y construcción
de terminación de techos

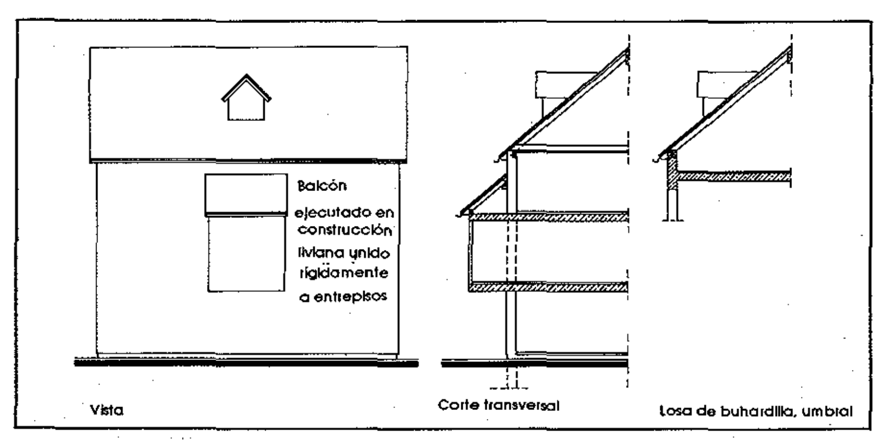


Fig. 9.9: Construcciones adosadas a edificación existente

a) Desfavorable: Construcción adosada unida rígidamente, de gran superficie
b) Favorable: Construcción adosada separada por junta
c) Construcción adosada pequeña, liviana y simentada a fundación común con la des edifivio existente.

a)

b)

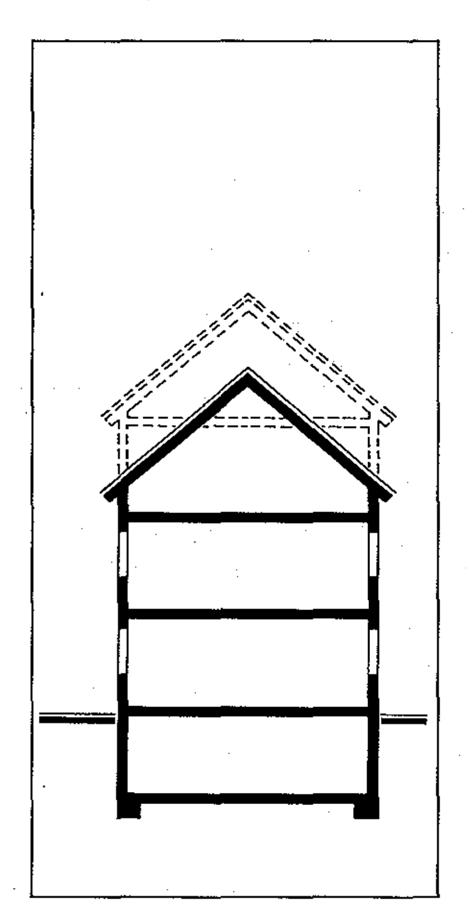
c)

Construcción liviana

Hormigón armado

Fig. 9.10: Sobreelevación de un edificio existente

a) Primer proyecto



b) Ejecución modificada con menor pendiente de techo

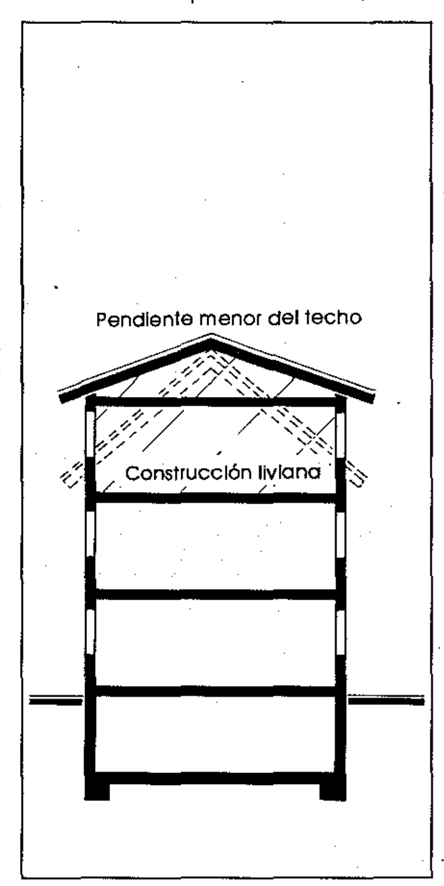
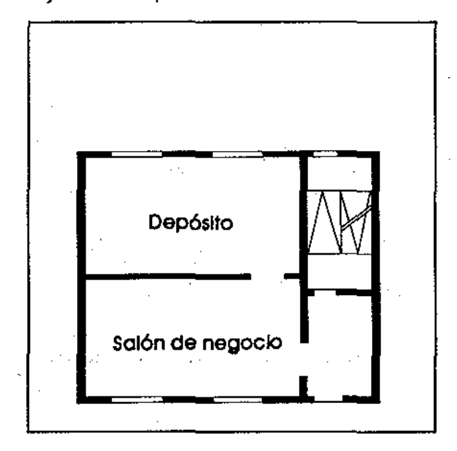
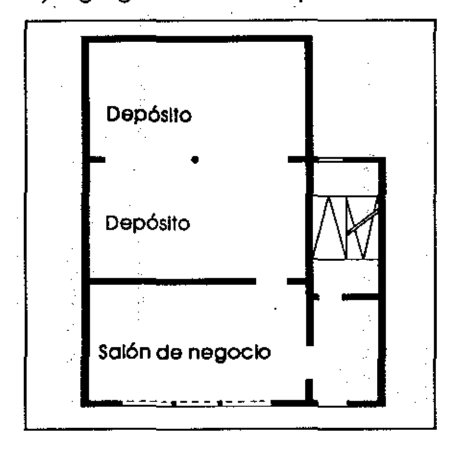


Fig. 9.11: Modificación por etapas, de un edificio existente

a) Edificio preexistente



b) Agregado de un depósito



c) Ampliación de vidriera

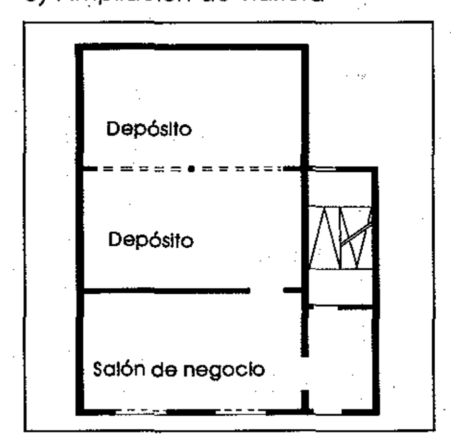
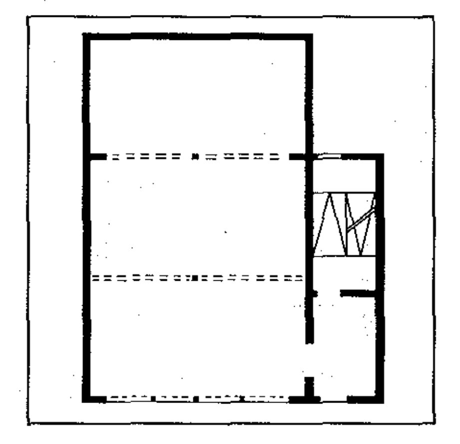
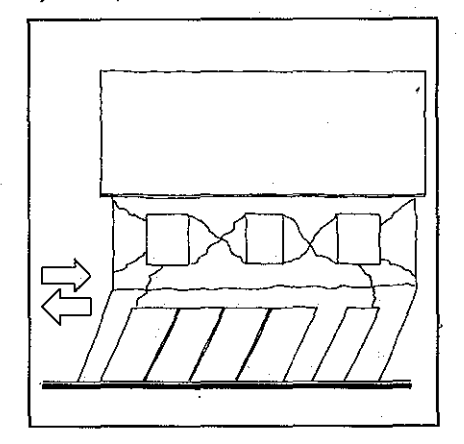


Fig. 9.11: Modificación por etapas, de un edificio existente

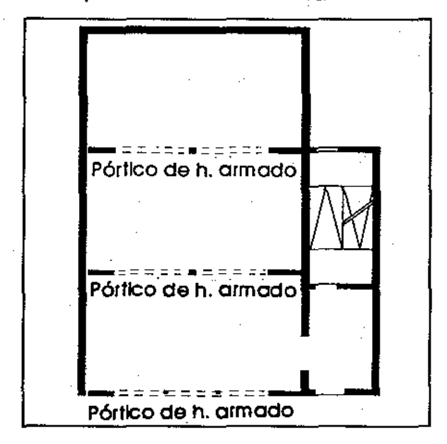
d) Refacción proyectada



e) Colapso



f) Arriostramiento mediante pórticos de h. armado



g) Pórtico cerrado de h. armado



Fig. 9.12: Casa habitación unifamiliar antisísmica

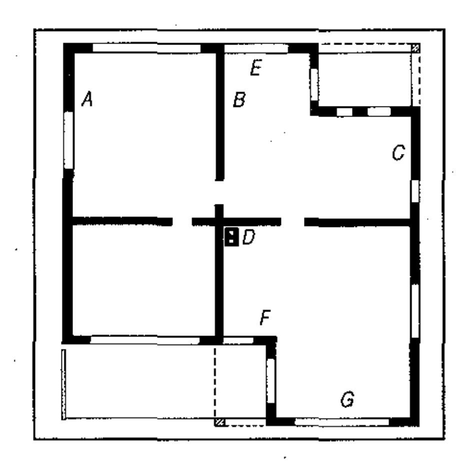
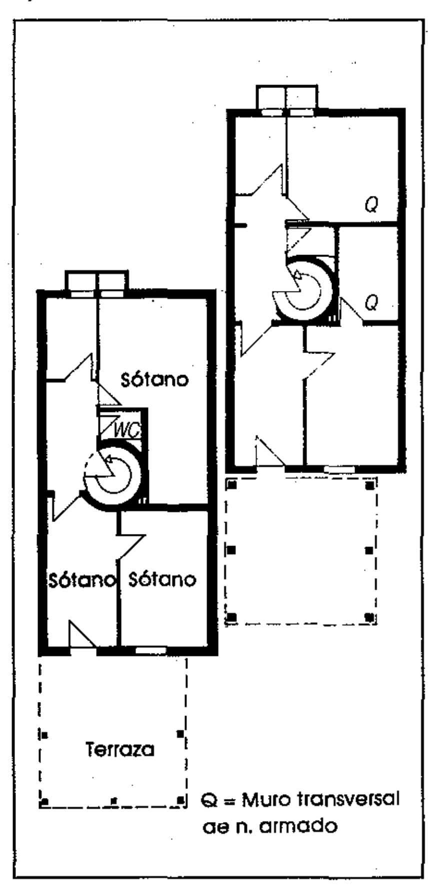


Fig 9.13: Viviendas agrupadas (vinculadas)

a) Planta sótano



b) Planta piso bajo

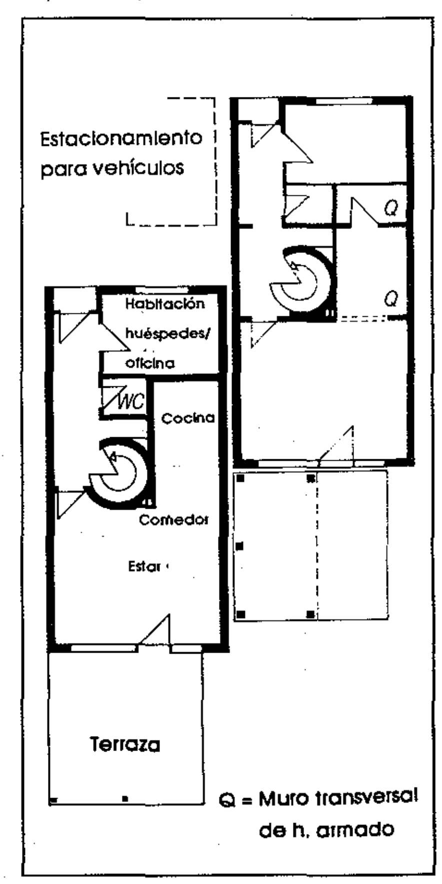
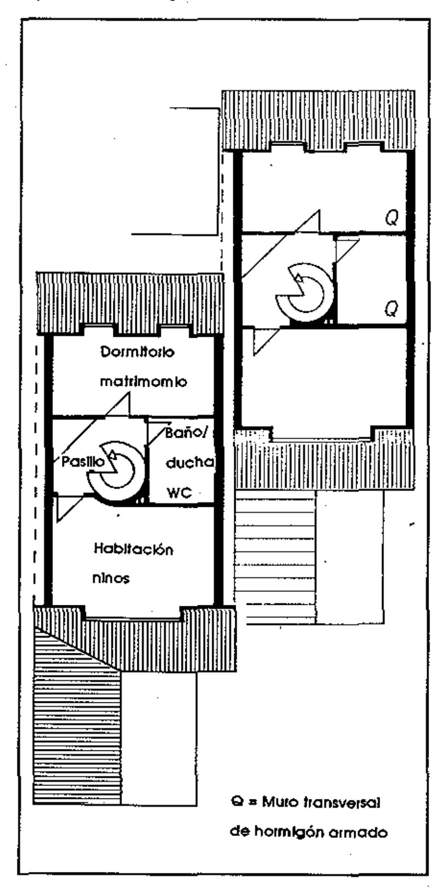


Fig 9.13: Viviendas agrupadas (vinculadas)

c) Planta bajo techo



d) Corte

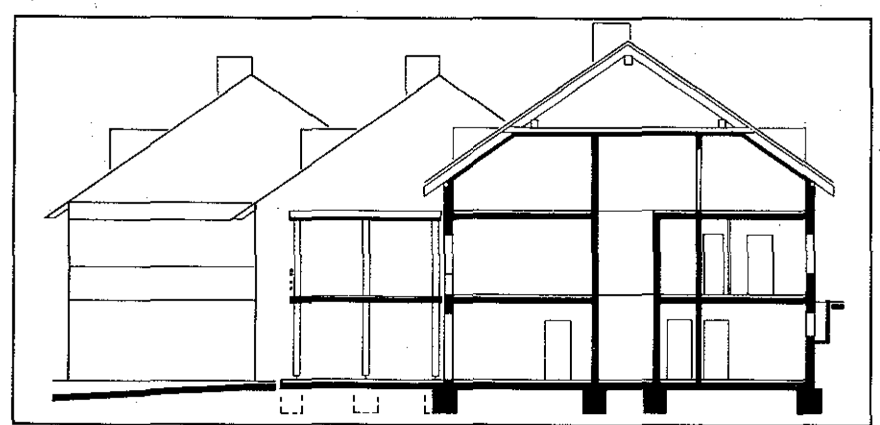
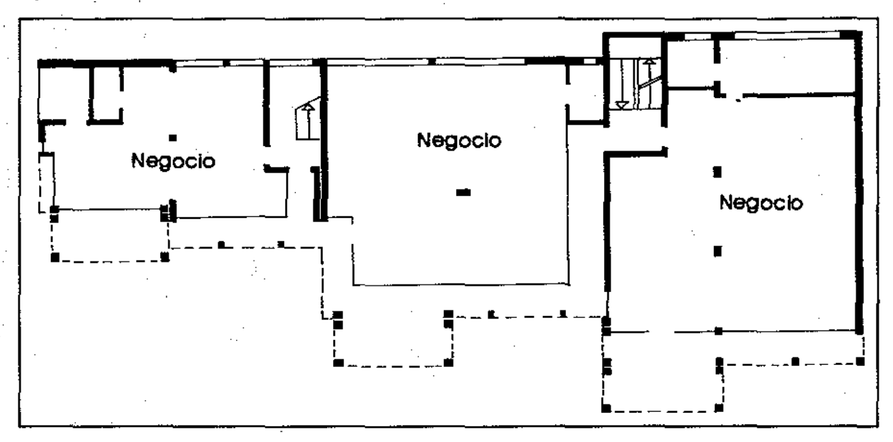


Fig. 9.14: Casa-habitación de varios pisos y salones comerciales, planificación original

a) Planta Baja



b) Planta Alta

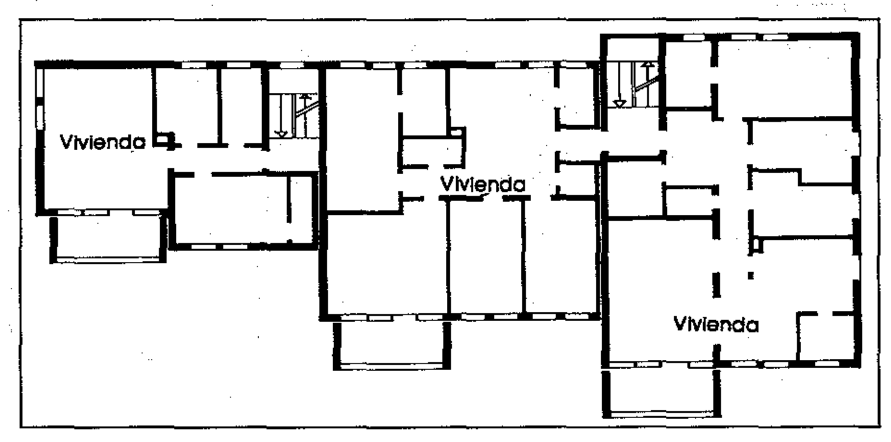
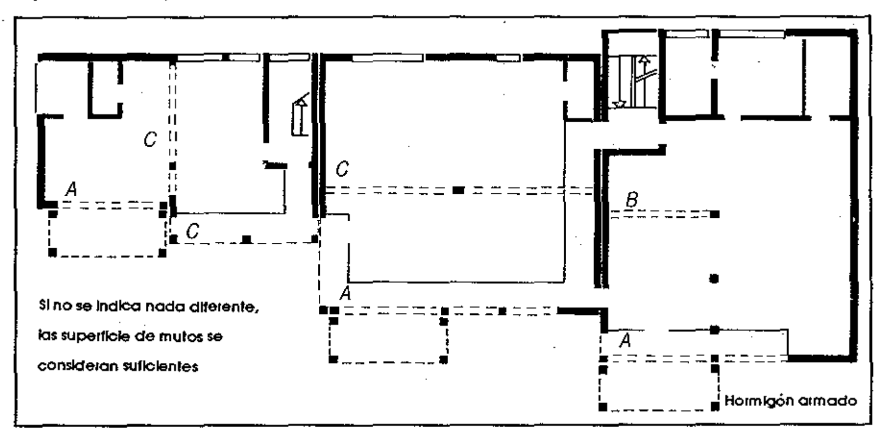
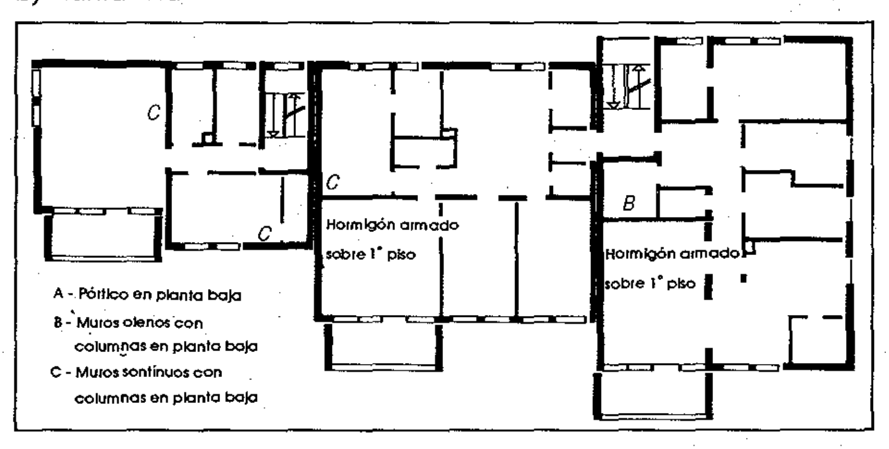


Fig. 9.15: Casa-habitación de varios pisos y salones comerciales, planificación modificada

a) Planta Baja



b) Planta Alta



10. - <u>BIBLIOGRAFIA</u>

Dowrick, D. J.: Earthquake Resistant Design,
2nd Edition, J. Wiley, Chichester 1987

International Association for Earthquake Engineering:
Earthquake Resistant Regulations: A World List - 1988,
Tokyo 1988

International Association for Earthquake Engineering:
Basic Concepts of Seismic Codes, 2 vols.,
Tokyo 1980 y 1982

Udías, A.: Introduccion a la sismologia y estructura interna de la
tierra, Instituto Geográfico y Catastral, Madrid 1971.

Druck auf umweltfreundlich
chlorfrei gebleichtem Papier!

Schmidt Buchbinderei & Druckerei
Hamburger Straße 267 · 3300 Braunschweig
Telefon: 05 31 / 33 75 89
Telefax: 05 31 / 34 44 49